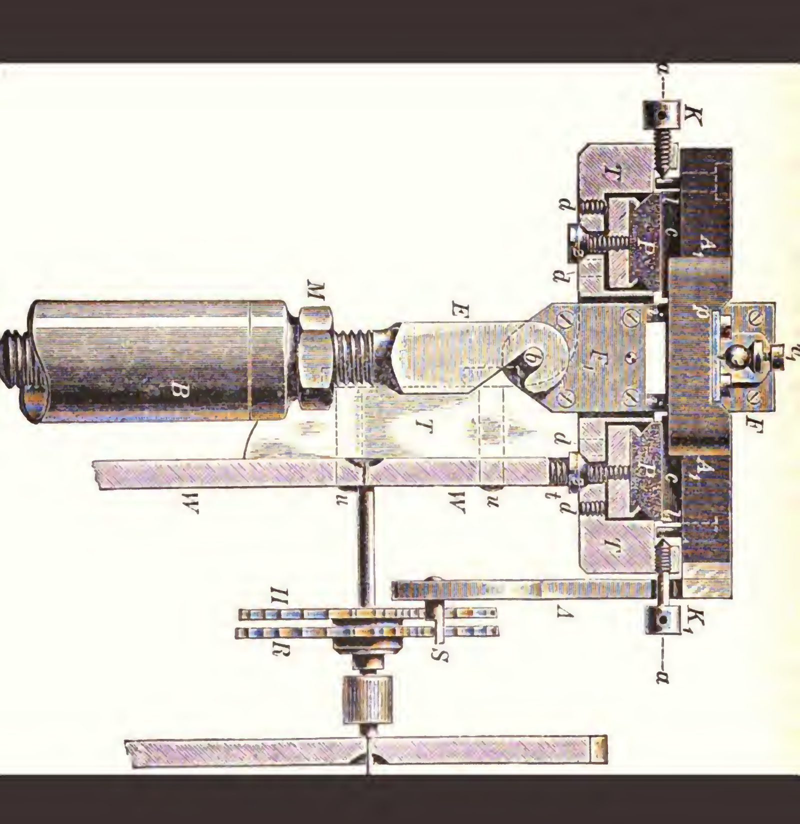


Handwörterbuch der astronomie

Wilhelm Valentiner



HANDWÖRTERBUCH

DER

ASTRONOMIE

UNTER MITWIRKUNG

von

PROF. DR. E. BECKER-STRASSBURG, PROF. DR. E. GERLAND-KLAUSTHAL DR. N. HERZ-WIEN, Prof. DR. H. KOBOLD-KIEL, DR. N. v. KONKOLY-BUDAPEST, Prof. Dr. E. v. OPPOLZER-INNSBRUCK, PROF. DR. C. F. W. PETERS (†), DR. E. v. REBEUR-PASCHWITZ (†), DR. FR. RISTENPART-BERLIN, PROF. DR. W. SCHUR (†), PROF. DR. H. SEELIGER-MÜNCHEN, DR. C. STECHERT-HAMBURG, PROF. DR. W. WISLICENUS-STRASSBURG, DR. K. ZELBR (†)

HERAUSGEGEBEN

von

Dr. W. VALENTINER

Ordentl. Professor der Astronomie an der Universität und Direktor der Astrometrischen Abtheilung der Grossherzoglichen Sternwarte zu Heidelberg

VIERTER BAND.

MIT 48 ABBILDUNGEN IM TEXTE



LEIPZIG
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH
1902.

Vorwort zum letzten Bande des Handwörterbuches.

Wenn ich im Vorwort zum ersten Bande dieses Werkes um die freundliche Nachsicht der Fachgenossen gebeten habe, weil ich schon damals fühlte, dass die übernommene Aufgabe nicht in der Weise zur Ausführung gelangte, wie ich es gewünscht und gehofft hatte, so habe ich bei der weiteren Fortsetzung des Handwörterbuches noch oft die grossen Schwierigkeiten empfinden müssen, welche der annähernd vollkommenen Lösung solcher Aufgaben entgegenstehen. Abgesehen von der Schwierigkeit des Unternehmens an sich, habe ich durch unerwarteten Wechsel der Mitarbeiter grosse Hemmnisse erfahren. Während der Ausarbeitung musste ich nicht weniger als vier der mir nahe gestandenen Mitarbeiter, mit denen ich mich besonders eingehend über die Anordnung und Behandlung der Materie besprochen hatte, durch den Tod verlieren, ausserdem konnten manche in Aussicht gestellte Artikel durch verschiedene Umstände nicht zur Ablieferung kommen. Zum grossen Theil ist durch diese Verhältnisse eine wesentliche Verzögerung in der Vollendung des Werkes eingetreten.

Der Entschuldigung bedarf ferner, dass der Umfang des Handwörterbuchs ein beträchtlich grösserer geworden ist, als anfangs geplant war. Es liegt die Ursache hauptsächlich darin, dass nicht das gesammte Manuscript vor dem Druckbeginn der ersten Lieferung fertig vorlag und daher eine Schätzung des Umfanges bei Ausgabe derselben nur annäherungsweise möglich war. In der Folge aber an den einzelnen Artikeln, die zum Theil schon in thunlichster Form zusammengedrängt waren, noch weiter zu kürzen, verbot sich in jedem speciellen Falle von selbst.

Entgegen dem ersten Plan ist der Artikel über Gradmessung fortgeblieben, um nicht auf wissenschaftliche Disciplinen hinüberzugreifen, welche früher wohl zur Astronomie gerechnet werden konnten, da sie in gewissem Sinn aus ihr hervorgingen, die sich aber längst selbständig entwickelten. Wenn sonst im

Text auf Stichworte verwiesen ist, so sind die letzteren nicht immer in getrennten Artikeln behandelt, sondern nach dem Grundsatz, die Zahl der Artikel möglichst einzuschränken, an anderen Orten besprochen. Man wird sie daher im Sachregister nachzusehen haben.

Das Namenregister wäre allzu umfangreich geworden, wenn ausdrücklich auf die bezüglichen Arbeiten der Autoren verwiesen worden wäre, andererseits konnte eine einfache Angabe des Bandes und der Seitenzahl nicht genügen; es ist daher jeweils das Artikelstichwort angeführt, unter welchem der betreffende Name vorkommt und dadurch zugleich ein Hinweis auf die einschlägigen Untersuchungen gegeben. Aehnlich sind auch die Artikelstichworte im Sachregister genannt und der Leser wird schon dadurch auf die vorzugsweise von ihm gesuchten Stellen des Werkes geleitet werden.

Die Berichtigungen verdanke ich zum Theil der Mittheilung aus befreundeten Kreisen oder den Autoren der betreffenden Artikel. Ganz besonderer Mühe hat sich aber ein mir unbekannter Gelehrter unterzogen, indem er vom Erscheinen des ersten Theils an das Werk durchgesehen und mir die dabei aufgefundenen, leider recht zahlreichen, Druckfehler durch Vermittelung der Verlagsbuchhandlung mitgetheilt hat. Ich fühle mich um so mehr verpflichtet, ihm dafür an dieser Stelle aufrichtig und herzlich zu danken, als ich in voller Unkenntniss seines Namens und seiner Adresse nicht in der Lage bin, den Dank persönlich zum Ausdruck zu bringen.

Heidelberg 1902 im Mai.

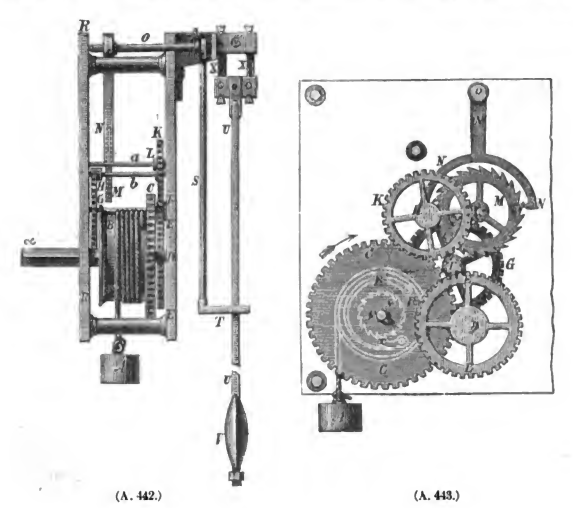
W. Valentiner.

Inhaltsverzeichniss.

Uhr bis Zodiacallicht.

Anhang: Tafeln.

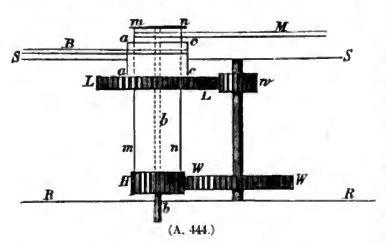
Uhr, Pendeluhr. **Definition.** Unter Pendeluhren würde man streng-genommen alle die Mechanismen zu verstehen haben, bei denen ein durch einen Motor (ein gehobenes Gewicht, eine gespannte Feder, einen erregten Electromagnet) in Bewegung gesetztes und durch einen isochron schwingenden Körper regulirtes Räderwerk vor einem Zifferblatt sich drehenden Zeigern eine so gleichmässige Bewegung ertheilt, dass daraus das Fortschreiten der Zeit nach genau gleichen



(A. 442.) (A. 443.)

Theilen erkannt werden kann. Es ist jedoch üblich, unter dieser Benennung nur die Uhren zusammenzufassen, deren Regulator ein gewöhnliches unter dem Einfluss der Schwere in einer lothrechten Ebene schwingendes Pendel ist, im Gegensatz zu den Uhren mit Unruh, die, soweit sie für den Astronomen Bedeutung haben, bereits in dem Artikel Chronometer besprochen wurden.

Die Theile der Pendeluhr und deren Wirkungsweise. Die Bestandtheile der Pendeluhr sind die nämlichen, wie die des Chronometers, Motor, Räderwerk und Pendel mit der Hemmung. Den Motor bildet das gehobene Gewicht *A* (Fig. 442 und 443), welches an dem auf die Walze *B* aufgewundenen Seile liegt und sie der Richtung des Pfeiles entgegen zu drehen bestrebt ist. Die Axe der Walze ist bei α zum Aufsetzen des Uhrschlüssels vierkantig gestaltet, durch dessen Drehung das herabgegangene Gewicht wieder gehoben werden muss. Damit aber dabei nicht das ganze Uhrwerk bewegt wird, ist die Walze mit dem



(A. 444.)

ebenfalls auf dieser Axe sitzenden Walzenrad *C* durch einen Sperrkegel *x* verbunden, der das Walzenrad mitnimmt, wenn es dem Zuge des Gewichtes folgt, über die Zähne des Sperrrades *s* aber hingleitet, wenn die Walze im entgegengesetzten Sinne gedreht wird. Das Walzenrad überträgt seine Bewegung auf das Getriebe *D*, das das Rad *E* mitführt, dieses die seinige durch Vermittlung des Getriebes *F* und des Rades *G*, des Getriebes *H* und des mittleren Rades *K*, auf das Getriebe *L* und das Rad *M*, welches dreieckige Zähne hat und in seiner freien Bewegung gewöhnlich durch den Anker *N* gehemmt wird. Das Minutenrad *G* trägt den Minutenzeiger; ist ein Secundenzeiger vorgesehen, so sitzt dieser auf dem Rade *M*, wenn nicht ein eigenes Secundenrad vorhanden ist. Giebt die Uhr auch die Stunden an, so zeigt Fig. 444 die Art, wie der Stundenzeiger vom Minutenrad aus bewegt wird. *b* ist die Welle des Minutenrades, die durch Vermittlung des Minutenrohres nur den Minutenzeiger *M* bewegt. *b* wird von *mn* durch Reibung mitgenommen, und es ist möglich, den Zeiger auch ohne die Welle *b* zu bewegen, zu stellen. Mit *mn* dreht sich das Viertelrad *H*, welches in das Wechselrad *W* greift. Auf dessen Axe sitzt das Getriebe *w*, und greift in das Stundenrad *L* ein, welches den Stundenzeiger *B* auf der lose über das Minutenrohr geschobenen Hülse *ac* trägt. Die Uebersetzung ist so gewählt, dass der Stundenzeiger sich in 24 Stunden einmal über das Zifferblatt herum bewegt, was der Minutenzeiger in einer Stunde thut. Das Rad *M* Fig. 442 und 443) führt den Namen des Steig-, Gang- oder Hemmungsrades die nur die Bewegung übertragenden Räder heissen Beisetz-, Mittel- oder Zwischenräder, die Theile, welche die Bewegung auf die Uhrzeiger übertragen, bilden das Zeigerwerk oder das Vorgelege. Die Axen sämmtlicher Räder sind in zwei durch Schrauben miteinander verbundene Messingplatten *RR* und *EE* (Fig. 442) und *SS* und *RR* (Fig. 444), gelagert.

Fig. 442 zeigt die Art, wie der Anker mit dem Pendel verbunden ist, Fig. 443, die Form des Ankers, die sofort seine Wirkungsweise ergiebt. Er endet in zwei Haken, Hebungen oder Paletten *N*, die abwechselnd in die Zähne des Steigrades eingreifen; beim Heraustreten gleiten die Zähne des Steigrades an den schiefen Flächen der Paletten hin und treiben sie vor sich her. Jedesmal, wenn das Pendel durch die Ruhelage geht, rückt also das Steigrad um einen Zahn weiter. Auf der Ankeraxe 0β ist die Führungsstange oder der Mitnehmer *S* befestigt, dessen gabelförmiges Ende *T* die Pendelstange *UU* umfasst und so das Pendel mit dem linsenförmigen Gewicht *V* antreibt, wenn ein

Zahn von *M* an der schiefen Fläche einer Palette hingleitet. Die Führungsstange hat bei Secundenpendeln ein Fünftel der Länge des Pendels, sonst ein Drittel bis ein Viertel, die Gabel muss so stehen, dass das Pendel vertikal hängt wenn die Paletten ihre Ruhelage einnehmen. Um dies unter allen Umständen zu erreichen, besitzen Uhren, bei denen es auf die grösste Genauigkeit ankommt. Vorrichtungen, um das obere Ende der Führungsstange durch zwei einander entgegenwirkende Schrauben etwas im wagerechten Sinne verschieben zu können, oder sie gestatten das nämliche mit der Gabel vorzunehmen. So setzt das Gewicht das Räderwerk in Bewegung und sorgt durch dessen und des Ankers Vermittlung dafür, dass das Pendel bei jeder Schwingung den Verlust an lebendiger Kraft, den es durch Ueberwindung der Reibung und des Luftwiderstandes erlitten hat, wieder ersetzt bekommt.

Geschichte der Erfindung der Pendeluhr. Ehe wir zur ausführlicheren Betrachtung der einzelnen Uhrtheile uns wenden, werfen wir einen kurzen Blick auf die Entwickelungsgeschichte der Pendeluhr.

1) Die Uhren vor GALILEI. Die Anwendung der Uhren ist so alt, wie die astronomischen Beobachtungen selbst. Bereits die Chaldäer, denen wir wohl die ältesten verdanken, maassen die Zeit mit würfelförmigen Gefässen von bestimmter Seitenlänge, aus denen das Wasser durch ein kleines Loch am Boden ausfloss. Jahrtausende hindurch blieb man auf diese Art der Zeitmessung beschränkt und noch die alexandrinischen Gelehrten verbesserten die Klepsydren wie man diese Uhren nannte, indem sie die Grösse der Ausflussöffnung durch Einbohren in Gold oder in einen Edelstein sicherten. Die babylonischen Wasseruhren haben noch das Interesse für uns, dass von den zwei Grössen, in denen sie angewendet wurden, die Seiten des Würfels als Maasseinheiten abgenommen wurden und dass sehr wahrscheinlich von ihnen die grosse und die kleine Elle der Völker des Alterthums stammt. Erst nach und nach kamen im Laufe der Jahrhunderte Räderwerke in Gebrauch und es wird von einem solchen erzählt, welches der Sultan von Aegypten dem Kaiser Friedrich II. zum Geschenke sandte. Ueber die Einrichtung jener ältesten Uhren ist uns nichts bekannt, die ersten, von denen wir genauere Nachrichten haben, gehören dem 13. Jahrhundert an. Sie besitzen bereits als Motor ein von Zeit zu Zeit wieder zu hebendes Gewicht, als Regulator ein Horizontalpendel mit Hemmung. Ihre sonstige Einrichtung stimmt aber so sehr mit der unserer jetzigen Uhren überein, dass man mit LITTROW[1]) BERTHOUD Recht geben muss, wenn dieser sagt, »dass eine solche Uhr nicht die Erfindung eines einzigen Menschen sein kann, sondern dass sie ein Product mehrerer vorhergehenden Erfindungen ist, die z. Thl. wenigstens sehr alten Zeiten angehören«. Als Beleg für diese Behauptung kann das Uhrwerk dienen, welches in der Schweiz verfertigt, 1348 in Dover Castle aufgestellt wurde und dort bis 1872 seinen Dienst schlecht und recht versah. Es befindet sich im South Kensington Museum und ist abgebildet in HOFMANN's Bericht über die wissenschaftlichen Apparate auf der Londoner internationalen Ausstellung auf pag. 20.

Dass die Gleichmässigkeit des Ganges dieser Uhren viel zu wünschen übrig lassen musste, liegt auf der Hand. Fehlte ihnen doch die constante Kraft welche den Regulator stets in eine bestimmte Ruhelage zu bringen sucht. Immerhin waren in solcher Weise die Uhren des Landgrafen Wilhelms IV. von

[1]) GEHLER's physikalisches Wörterbuch, 2. Aufl., IX. Bd., 2. Abth., pag. 1111.

Hessen-Cassel eingerichtet, welche BURGI verfertigt hat und welche zum ersten Mal die Zeit als Beobachtungselement einzuführen gestatteten. Eine im königlichen Museum in Cassel noch vorhandene von BURGI herrührende Uhr ist eine reich ausgestattete Tafeluhr, deren Pendel ein horizontales Rad bildet, so dass es als Unruhe ohne regulirende Feder anzusprechen sein würde.

2) Erfindung der Pendeluhr durch GALILEI. Wohl nichts lässt so sehr den Fortschritt, den die Arbeit der letzten drei Jahrhunderte in unsern Anschauungen hervorgerufen hat, schärfer hervortreten, als der Umstand, dass nachdem GALILEI den Isochronismus der Pendelschwingungen entdeckt hatte, es noch dreier Jahrzehnte bedurfte, bis er auf den Gedanken kam, das Pendel zum Regulator eines Zeitmessers zu benutzen, dass noch fast zwei weitere Jahrzehnte darüber hingingen, bis HUYGENS das Horizontalpendel der damaligen Uhren durch das gewöhnliche ersetzte. Ja, es wird uns schwer, einzusehen, dass zu der scheinbar so einfachen Beobachtung des Isochronismus des Pendels es eines GALILEI bedurfte, der die schöne Entdeckung noch dazu dem Zufall verdankte. Vergegenwärtigt man sich jedoch die Erfindungsgeschichte, so wird alles dieses begreiflich genug.

Die Erzählung, die den damaligen Professor in Pisa durch die Beobachtung der aufeinanderfolgenden Schwingungen einer an langer Schnur hängenden Kirchenlampe den Isochronismus der Pendelschwingungen finden lässt, trifft höchstwahrscheinlich zu. Wenigstens wendet GALILEI bei deren Darstellung in den Discorsi[1]) dieses Beispiel an. Wenn er nun aber auch so auf die Vermuthung des Isochronismus gekommen war, so konnte er diese Vermuthung zunächst nicht auf ihre Richtigkeit prüfen, da ja genaue Zeitmesser noch fehlten. Theoretische Untersuchungen führten ihn jedoch ebenfalls zu dem Ergebniss, dass gleichlange Pendel gleiche Schwingungsdauern hätten.

Dass infolge dieses Isochronismus das Pendel einen brauchbaren Zeitmesser abgeben müsse, erkannte GALILEI sofort, aber er kam noch nicht darauf, die Uhren seiner Zeit dadurch zu Apparaten für genaue Zeitmessung zu machen, dass er sein isochron schwingendes Pendel an Stelle des horizontalen setzte. Wohl verband er es mit einem Zählwerk einfachster Construction und bestimmte damit die Zeit, wobei er es freilich durch immer erneute Antriebe in Bewegung erhalten musste. Das Zählwerk bestand aus einem Cartonrädchen mit dreieckigen Zähnen, das bei jeder in demselben Sinne erfolgenden Pendelschwingung um einen Zahn weiter geschoben wurde. Dazu war am Pendelgewicht senkrecht auf seine Schwingungsebene eine Borste befestigt, die über die flachgeneigte Seite des Zahnes des Cartonrädchens hinglitt, dann aber nach Umkehr des Pendels gegen die steile abfallende Seite sich legend, das Rädchen um einen Zahn weiterschob.

Den Plan, den Antrieb des Pendels durch ein immer wieder aufzuwindendes Gewicht zu bewerkstelligen und so die erste Pendeluhr zu bauen, entwarf der erblindete GALILEI erst kurz vor seinem Tode. »Eines Tages im Jahre 1641«, so schildert[2]) VIVIANI in einem Schreiben, das er am 20. August 1659 an den Prinzen LEOPOLD VON MEDICI richtete, den Vorgang, »als ich bei ihm in der Villa bei Arcetri wohnte, fasste er den Gedanken, wenn es möglich wäre, das Pendel der Gewichts- oder Federuhr zuzufügen, anstatt sich der gewohnten Un-

[1]) GALILEI's Untersuchungen und mathematische Demonstrationen. Deutsch von A. v. OETTINGEN. Leipzig 1890. OSTWALD's Klassiker, No. 11, 2. Tag, pag. 85.

[2]) ALBÈRI. Le opere di GALILEO GALILEI. Firenze 1842—56. XIV, pag. 352.

ruhe zu bedienen und hoffte so eine gleichmässige und natürliche Bewegung dieses Pendels zu erhalten«. Er dictirte nun seinem Sohne VINCENZIO und dem genannten VIVIANI, als den einzigen, die nach seiner Verweisung in sein Landhaus bei ihm sein durften, eine Zeichnung, welche seine Idee wiedergab, da er sie selbst nicht mehr zu Papier bringen konnte. Diese Zeichnung ist noch in der Bibliotheca Palatina in Florenz vorhanden und des öfteren in Nachbildungen veröffentlicht[1]).

Die Pendelaxe trägt zwei Dornen, die sich mit ihr hin und her bewegen und abwechselnd einen Sperrhaken von einem Steigrad abnehmen und wieder darauf legen, oder ebenso unter einen der seitwärts am Steigrad angebrachten Stifte greifend, dessen Bewegung hemmen und zurückschwingend wieder freilassen. Bei jedem Hin- und Hergang wird also das Steigrad um einen Zahn fortgeschoben und kann demnach zur Bewegung von Minuten- und Stundenzeiger benutzt werden, auch die Secunden zählen. Dass die Walze mit dem das Gewicht tragenden Seile fehlt, wird im Hinblick auf die Art der Entstehung der Zeichnung und auf die ausdrückliche Versicherung VIVIANI's hin, dass der Apparat eine Uhr sein solle, GALILEI nicht zum Vorwurf gemacht werden können. Kann das Fehlende doch ohne irgend welche Schwierigkeit zugefügt werden.

VAN SWINDEN's[2]) Ansicht dagegen, der Apparat stelle lediglich ein Zählwerk dar, beruht auf einem Irrthum, wie ich bereits vor vielen Jahren aus den Quellen nachweisen konnte[3]), obwohl ein solcher Beweis bei der klar ausgesprochenen Bestimmung, die sein Erfinder, der die wissenschaftliche Mechanik schuf, der die inductive Methode in die Naturwissenschaften einführte, dem Apparat geben wollte, wohl kaum nöthig gewesen wäre. Eine Bedeutung für die Fortbildung der Uhren hat der GALILEI'sche Entwurf freilich nicht gehabt, seine Ausführung vereitelte ein feindseliges Geschick. Zwar unternahm es zehn Jahre nach des Vaters Tode VINCENTIO GALILEI eine Uhr nach der in seinem Besitz befindlichen Zeichnung auszuführen. Er liess die dazu nöthigen Räder und Gestelltheile von einem Schlosser anfertigen und setzte sie, um das Geheimniss zu bewahren, selbst zusammen. Er war bereits soweit gekommen, dass er sich mit VIVIANI von der Betriebsfähigkeit der Uhr hatte überzeugen können, als er plötzlich erkrankte und starb. Das noch nicht fertige Werk wurde nach Ausweis des noch vorhandenen Auctionscataloges mit seinem Nachlasse verkauft und ist verschollen. Doch hat man in neuerer Zeit nachzuholen gesucht, was damals versäumt wurde, und nach GALILEI's Plan eine Uhr hergestellt, die ihre Bestimmung vollständig erfüllt. Diese ist im GALILEI-Museum in Florenz noch vorhanden und hat, da sie zu mehreren Malen für den Originalapparat gehalten wurde, öfters zu Irrthümern Veranlassung gegeben.

3) HUYGENS' Pendeluhren. GALILEI's Erfindung blieb gänzlich unbekannt und so war es HUYGENS vorbehalten, ohne von GALILEI's Plan etwas zu wissen, das Pendel als Regulator den damals gebräuchlichen Uhren zuzufügen. Seine Erfindung war um deswillen besonders lebensfähig, dass sie ohne jede Schwierig-

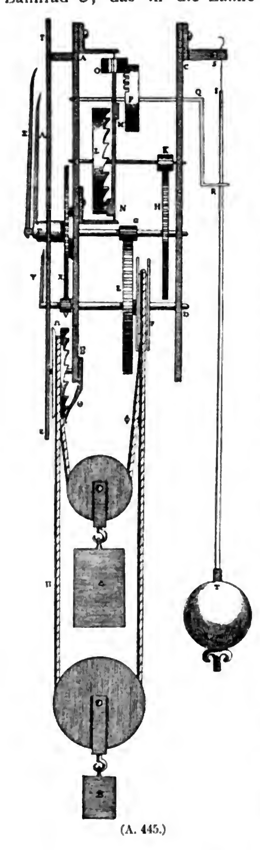
---

1) HOFMANN, Bericht 77, pag. 22, BIEDERMANN, Bericht über die Ausstellung wissenschaftlicher Apparate im South Kensington Museum zu London 1876, pag. 411. GERLAND, Geschichte der Physik, pag. 112. GERLAND und TRAUMÜLLER, Geschichte der physikalischen Experimentirkunst, pag. 122.

2) VAN SWINDEN, Verhandelingen der eersten Klasse van het Kon. Nederlandsche Instituut van wetenschappen. 3. Deel. Amsterdam 1817.

3) GERLAND, WIEDEMANN's Annalen 1878, IV, pag 610.

keit an den längst im Gebrauch befindlichen Zeitmessern angebracht werden konnte. Wie er im Jahre 1656 die Uhren verbessern wollte[1]), ergiebt sich aus Fig. 445. Das Horizontalpendel der früheren Uhrwerke ersetzte er durch ein Zahnrad *O*, das in die Zähne des Kronrades *P* eingriff. Das Steigrad *L* und die Hemmung *MN* behielten ihre Lage und Einrichtung bei. Da *P* nur schwingen, sich nicht drehen sollte, so erhielt es nur in seiner oberen Hälfte Zähne; seine Axe trug die Gabel *QR*, welche mit ihren Zinken *R* die Pendelstange *JT* umfasste. Wohl durchdacht war die Art der Aufhängung des Pendels mittelst des biegsamen Fadens *SJ*, auf die Huygens mit Recht den grössten Werth legte. Wenigstens betonte er, als ihm später[2]) mitgetheilt wurde, dass Galilei längst vor ihm eine Pendeluhr angegeben habe, dass dieser Entwurf untauglich sein müsse, wenn — wie es in der That der Fall war — das Pendel sich um eine in Lagern ruhende Axe drehe. Die Reibung beeinflusse dann den Isochronismus auf das Schädlichste. Die Folgezeit hat ihm Recht gegeben, indem sie seine Art der Aufhängung allerdings unter Anbringung einer weiteren Verbesserung beibehielt. So ist die Pendeluhr zuerst von Galilei, dann aber noch einmal in ganz selbständiger Weise von Huygens erfunden worden und wenn der letztere nach dem, was ihm zu seiner Zeit über Galilei's Entwurf bekannt geworden war, mit Recht fragte, wie es möglich gewesen sei, dass eine so nützliche Erfindung so gänzlich unbekannt bleiben konnte, so sind wir nach dem oben mitgetheilten in der Lage, die Antwort auf diese Frage zu geben.



(A. 445.)

Eine weitere Verbesserung, die Huygens der Pendeluhr zufügte, bezweckte, sie auch während des Aufziehens durch Vermittlung des Zuges des Gewichtes Δ weitergehen zu lassen. Dazu hing die das Gewicht tragende Rolle in der einen Schlinge *ZΦ* einer Schnur ohne Ende Π, welche in einer zweiten Schlinge an einer zweiten Rolle das Gewicht *Z* trug. Die Schnur ging ausserdem über die beiden Rollen *F* und Ω, von denen die letztgenannte durch Zähne und den Sperrhaken Θ verhindert wurde, sich in mehr als einem Sinne zu bewegen. Sollte das Gewicht Δ gehoben werden, so brauchte man nur die Schnur bei Π herabzuziehen, der Zug, den Δ an der Rolle *F* ausübte, blieb dann ungeändert.

[1]) Huygens, Horologium, Opera varia. Vol. I. Lugd. Bat. 1724, pag. 4.
[2]) Huygens, Oeuvres complètes III, pag. 8ff.

Uebertraf nun auch diese erste HUYGENS'sche Uhr an Genauigkeit im Gange alle andern zur Zeit ihrer Erfindung im Gebrauch befindlichen, so genügte ihrem Schöpfer ihre Einrichtung noch nicht und er brachte 1673 wesentliche Verbesserungen daran an[1]). Er legte die Hemmung MN horizontal, die Axe des Steigrades aber vertical und befestigte die Gabel QR ohne weitere Zwischenglieder an die Hemmung. Das Pendel versah er mit einem Laufgewicht und hing es an zwei Fäden auf, zu deren Seiten er zwei nach Cycloiden geformte culissenförmige Blechstreifen anbrachte, an welche sich bei jeder Schwingung des Pendels die Fäden anlegten. Die Einrichtung hatte den Zweck, den Einfluss der Amplitude auf die Schwingungsdauer aufzuheben und so den Isochronismus der Schwingungen beträchtlich zu erhöhen. Um diese Eigenschaft der Cycloïde nachweisen zu können, wenden wir uns zunächst zu der Ableitung der Formel für die Schwingungsdauer des Pendels. Damit beginnen wir zugleich mit der Betrachtung der gegenwärtig im Gebrauche stehenden Pendeluhren, deren einzelne Theile dann der Reihe nach eingehend behandelt werden sollen.

Das Pendel. 1) Theoretische Erörterungen[2]) Es sei, Fig. 446, CA die Ruhelage, CB die Lage des Pendels von der Länge l bei grösster Elongation, die Anfangsgeschwindigkeit in B sei v_0. Führen wir nun ein Coordinatensystem ein, dessen Anfangspunkt der Aufhängepunkt C und dessen Z-Axe vertical abwärts gerichtet ist, so würde allgemein sein

$$x^2 + y^2 + z^2 = l^2,$$

aber da wegen der lothrechten Lage der Pendelebene $y = 0$ ist,

$$x^2 + z^2 = l^2.$$

(A. 44

Ist nun v die Geschwindigkeit in D, so ist nach dem Princip der lebendigen Kraft

$$\tfrac{1}{2}v^2 - \tfrac{1}{2}v_0^2 = g(z - z_0)$$

und für $v_0 = 0$

$$v^2 = 2g(z - z_0).$$

Führt man hier statt x den Winkel ϑ, den in jeder Lage das Pendel mit der Ruhelage bildet, als neue Veränderliche und den seine äusserste Lage gebenden Winkel α ein, so wird

$$z_0 = l \cos \alpha, \quad z = l \cos \vartheta,$$

also

$$v^2 = 2gl(\cos\vartheta - \cos\alpha).$$

Ist nun der Bogen $BD = s$, so ist

$$s = l(\alpha - \vartheta)$$

$$v = \frac{ds}{dt} = -l\frac{d\vartheta}{dt}$$

$$l^2\left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)^2 = 2gl(\cos\vartheta - \cos\alpha)$$

$$\left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)^2 = \frac{2g}{l}(\cos\vartheta - \cos\alpha),$$

---

[1]) HUYGENS, Horologium oscillatorium Opera varia Vol. I, pag. 29.

[2]) Vergl. auch KIRCHHOFF, Vorlesungen über mathematische Physik, 4. Aufl. Leipz. 1897, pag. 17 ff und SCHELL, Theorie der Bewegung und der Kräfte. Leipz. 1870, pag. 319.

so dass hier der Winkel als Function der Zeit t erscheint. Geht man nun auf die halben Winkel über, so wird

$$\left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)^2 = \frac{2g}{l}\left(1 - \vartheta\, sin^2 \frac{\vartheta}{2} - 1 + 2\, sin^2 \frac{\alpha}{2}\right) = \frac{4g}{l}\left(sin^2 \frac{\ }{2} - sin^2 \frac{\vartheta}{2}\right).$$

Wir führen nun eine neue Veränderliche ein, indem wir setzen:

$$sin \frac{\vartheta}{2} = sin \frac{\alpha}{2}\, sin\, \psi.$$

Dann wird

$$d\vartheta = 2\, \frac{sin \frac{\alpha}{2}\, cos\, \psi \cdot d\psi}{cos \frac{\vartheta}{2}}$$

$$cos \frac{\vartheta}{2} = \sqrt{1 - sin^2 \frac{\alpha}{2}\, sin^2 \psi}$$

$$\frac{dt}{d\vartheta} = \sqrt{\frac{l}{g}}\, \frac{1}{\sqrt{4\left(sin^2 \frac{\alpha}{2} - sin^2 \frac{\vartheta}{2}\right)}}$$

$$dt = \sqrt{\frac{l}{g}}\, \frac{sin \frac{\alpha}{2} \cdot cos\, \psi \cdot d\psi}{\sqrt{\left(1 - sin^2 \frac{\alpha}{2}\, sin^2 \psi\right)\left(sin^2 \frac{\alpha}{2} - sin^2 \frac{\alpha}{2}\, sin^2 \psi\right)}}$$

$$= \sqrt{\frac{l}{g}}\, \frac{sin \frac{\alpha}{2}\, cos\, \psi \cdot d\psi}{sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{1 - sin^2 \psi}\sqrt{1 - sin^2 \frac{\alpha}{2}\, sin^2 \psi}}$$

$$= \sqrt{\frac{l}{g}}\, \frac{d\psi}{\sqrt{1 - sin^2 \frac{\alpha}{2}\, sin^2 \psi}}.$$

Man findet nun die Dauer einer einfachen Schwingung T, indem man diese Gleichung zwischen den Grenzen $\vartheta = -\alpha$ und $\vartheta = +\alpha$ integrirt oder da alsdann

$$-\, sin \frac{\alpha}{2} = sin \frac{\alpha}{2}\, sin\, \psi,$$

also

$$-1 = sin\, \psi$$

und

$$+\, sin \frac{\alpha}{2} = sin \frac{\alpha}{2}\, sin\, \psi$$

mithin

$$+1 = sin\, \psi$$

ist, zwischen den Grenzen $\psi = -\frac{\pi}{2}$ bis $\psi = +\frac{\pi}{2}$; oder es ist

$$T = \sqrt{\frac{l}{g}}\, 2\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - sin^2 \frac{\alpha}{2}\, sin^2 \psi}}.$$

Nun ist

$$\frac{1}{\sqrt{1 - sin^2 \frac{\alpha}{2} sin^2 \psi}} = \left(1 - sin^2 \frac{\alpha}{2} sin^2 \psi\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$= 1 + \tfrac{1}{2} sin^2 \frac{\alpha}{2} sin^2 \psi + \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} sin^4 \frac{\alpha}{2} sin^4 \psi + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6} sin^6 \frac{\alpha}{2} sin^6 \psi + \ldots .$$

und somit

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - sin^2 \frac{\alpha}{2} sin^2 \psi}} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\psi + \tfrac{1}{2} sin^2 \frac{\alpha}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} sin^2 \psi \cdot d\psi + \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} sin^4 \frac{\alpha}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} sin^4 \psi d\psi +$$

$$+ \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6} sin^6 \frac{\alpha}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} sin^6 \psi d\psi .$$

Da nun

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} sin^{2n} \psi \cdot d\psi = \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \ldots (2n-1)}{2 \cdot 4 \cdot 6 \ldots 2n} \frac{\pi}{2},$$

so wird

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left[1 + (\tfrac{1}{2})^2 sin^2 \frac{\alpha}{2} + \left(\frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4}\right)^2 sin^4 \frac{\alpha}{2} + \left(\frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6}\right)^2 sin^6 \frac{\alpha}{2} + \ldots \right].$$

Vernachlässigt man hier die Glieder von der vierten Potenz von $sin \frac{\alpha}{2}$ an, so wird für einen kleinen Winkel α

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{\alpha^2}{16}\right)$$

und für ein unendlich kleines α

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} .$$

Die Schwingungsdauer ist somit von der Amplitude nicht unabhängig, doch beträgt sie für einen Winkel $\alpha = 10°$ nur etwa 0·2 ‰[1]). Ein Pendel, welches bei einer Amplitude von 10° 1000 Schwingungen macht, würde also bei einer unendlich kleinen Amplitude in der nämlichen Zeit 1001, 89 vollführen. Auch ist es immer möglich, eine für die Amplitude α beobachtete Schwingungsdauer T auf eine unendlich kleine T_1 zurückzuführen, indem man setzt:

$$T_1 = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} = \frac{T}{1 + \frac{1}{4} sin^2 \frac{\alpha}{2}} .$$

2) Cycloïdenpendel. Es würde nach dem Besprochenen möglich sein für ein beliebiges Pendel die Schwingungsdauer für jede Amplitude aus der Pendellänge zu finden. Für die Herstellung einer Pendeluhr aber wäre damit nicht viel gewonnen, deshalb schlug Huygens den bereits erwähnten zweiten Weg ein, um ein Pendel zu erhalten, dessen Schwingungsdauer von der Amplitude nicht mehr beeinflusst werde. Er brachte zu beiden Seiten des Aufhängefadens des Pendels nach Cycloïden gekrümmte Culissen so an, dass bei jede Schwingung der Pendelfaden sich verkürzend an sie anlegte. Der Pendelkörper beschreibt dann die Evolute der Cycloïde, die wieder eine Cycloïde ist, deren unterster Punkt senkrecht unter dem Punkte liegt, in dem die Culissen zusammen-

[1]) Vergl. Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik. 5. Aufl. 1. Bd., Leipzig 1895, pag. 142.

treffen. Ist d der Durchmesser des die Cycloïde erzeugenden Kreises, so ist diese Zeit bekanntlich

$$t = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{2d}{g}}$$

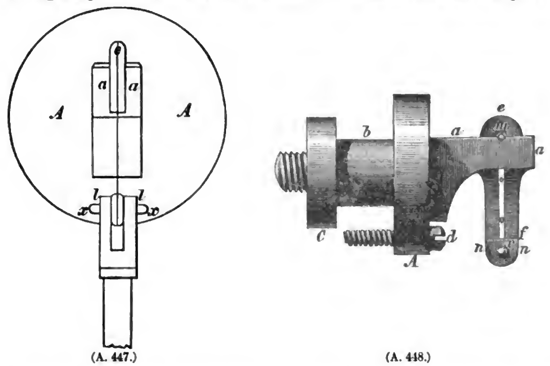
oder weil für $l = 2d$

$$t = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{l}{g}}$$

auch die Schwingungsdauer des Pendels von der Länge $2d$ bei unendlich kleiner Amplitude. An dieser Entdeckung hat HUYGENS ganz besondere Freude gehabt, wenigstens finden sich in seinen hinterlassenen Papieren in einer Art Tagebuch darüber die Worte[1]: »*Sed praecipuum longe hîc Cycloïdis inventum. Utinam vidisset Galilaeus!*« So schön nun aber auch diese Erfindung war, zu praktischer Bedeutung ist sie nie gelangt. Schon bei Lebzeiten ihres Urhebers wurde sie wieder verlassen, da sie nur angenähert gleichbleibende Schwingungsdauern gab, wenn nicht der Schwingungsmittelpunkt gezwungen werden konnte, sich auf der Cycloïde zu bewegen und namentlich, da in Folge des fortdauernden Antriebes des Pendels die Amplitude sich bei den aufeinander folgenden Schwingungen überhaupt nicht oder nur in ganz unbedeutender Weise ändert. Immerhin hat noch 1839 STAMPFER für eine Amplitude von 6° eine solche Regulirung für die Rathhausuhr in Lemberg ausgeführt, die sich gut bewährte, aber nicht von langer Dauer war, da die sie tragende Uhr 1848 vom Blitz zerstört wurde[2]).

Wir wenden uns nun zur Betrachtung der einzelnen Uhrtheile.

3) Die Aufhängung des Pendels geschieht bei astronomischen Uhren wohl durchgängig mit Hilfe einer Stahlfeder in der Weise, wie es Fig. 447 und



(A. 447.) (A. 448.)

448 in Vorder- und Seitenansicht zeigen. *aa* ist eine feste Stütze, welche mit der Mutter *C* an die Rückwand des Uhrwerks angeschraubt wird, so dass durch diese Wand der Bolzen *b* hindurchgeht. Um jede Drehung unmöglich zu machen, wird die Schraube *d* noch durch Stütze und Rückwand eingeschraubt. In den Stützentheil *aa* wird der Kopf *e* hineingedrückt, der die Feder *f* trägt. Mit mehreren Stiften wird diese in *e* befestigt, der durch die Mitte gehende Stift *m*

[1]) VAN SWINDEN, a. a. O., pag. 53.

[2]) GRASHOFF, Theoretische Maschinenlehre. 2. Bd., Hamburg und Leipzig 1883, pag. 577.

liegt in einer in *a* befindlichen Rinne. An das untere Ende der Feder sind die beiden Messingplatten *n* angenietet, die den sie und die Feder durchdringenden Stift *x* tragen. Dieser Stift trägt den Doppelhaken *l*, in den von unten die Pendelstange geschraubt wird. Fig. 449 zeigt ihn für sich von der Seite.

Die Dicke der Feder ist etwa die eines Kartenblattes, sie muss aus bestem, gut gehärtetem Stahl verfertigt werden. In der Mitte versieht man sie mit dem Einschnitte *oo* und erreicht dadurch den Vortheil, dass man sie breiter machen kann, ohne dass sie zu steif wird. Statt einer wendet man zweckmässiger Weise jetzt meist zwei Federn an und sichert dadurch die Bewegung der Pendellinse. Das sich bewegende Pendel darf die Feder nur hin- und herbiegen, Bewegungen in den Befestigungen dürfen unter keiner Bedingung stattfinden. Die Güte der Feder erkennt man daran, dass sie ohne eingehängtes Pendel in Schwingungen versetzt, eine genügend lange Zeit mit stetig abnehmender Stärke schwingt.

l

(A. 449.)

Zum Schutze der Pendelfeder beim Herausnehmen des Pendels hat S. Riefler[1]) die Pendelstange in zwei Theile getheilt, deren oberer stets mit der Feder in Verbindung bleibt, während der untere leicht abgenommen werden kann. Der obere Theil besteht aus einer Stange von rechteckigem Querschnitt, der in der durch Fig. 447 und 448 angegebenen Weise mit einem Doppelhaken an den Stift der Feder gehängt wird, unten aber einen nach einem Kreisbogen gekrümmten Querstift trägt, der nach beiden Seiten gleich viel hervorragt, während der Mittelpunkt des Kreisbogens der Aufhängepunkt des Pendels ist. An der das Pendel tragenden Wand des Uhrgehäuses sind zwei durchbohrte Backen angebracht, deren Durchbohrungen so geformt sind, dass sie die freie Bewegung der beiden in sie hineinragenden Enden des Querstiftes nicht hemmen. Der untere Theil der Pendelstange ist nun ebenfalls mit einem Doppelhaken an den Querstift so aufgehängt, dass die beiden Theile des Hakens zu beiden Seiten des oberen Theiles der Pendelstange angreifen. Um einer seitlichen Verschiebung des unteren Theiles der Pendelstange an dem Stift vorzubeugen, sind auf diesen noch je zwei Ringe angebracht, welche an den Endflächen der beiden Hakenflächen anliegen. So ist es unmöglich gemacht, dass beim Ein- oder Aushängen des unteren Theiles der Pendelstange eine Verletzung der Aufhängefeder eintrete. Auch bei Pendeln mit ungetheilter Stange kann die Vorrichtung verwendet werden. Sie erhält dann ihre Stelle unmittelbar in der unteren Fassung der Pendelfeder.

Bis zu einem gewissen Grade macht die Federaufhängung die Pendelschwingungen isochron und erfüllt so z. Thl. den Zweck, welchen Huygens mit den Cycloïdenculissen erreichen wollte. Die Feder bewirkt nämlich durch ihre Krümmung eine mit dem Ausschlagswinkel wachsende kleine Erhebung des Schwingungsmittelpunktes über den aus dem Aufhängungspunkte mit seinem Abstand von der tiefsten Lage jenes Punktes als Radius beschriebenen Kreis. Ob es möglich ist, dadurch, dass man die Abmessungen der Feder in ein passendes Verhältniss zur Länge und Masse des Pendels setzt, völligen Isochronismus zu erreichen, bedarf freilich noch der näheren Prüfung[2]).

4) Compensation des Pendels gegen Temperaturänderungen. Soll eine Pendeluhr richtig gehen, so muss ihr Pendel genau die nämliche Länge

[1]) Riefler, Deutsches Reichspatent No. 6407. Zeitschrift für Instrumentenkunde 1891 XI, pag. 271.

[2]) Grashoff, a. a. O., pag. 578.

beibehalten. Da aber Aenderungen der Temperatur auch eine Aenderung der Pendellänge zur Folge haben, so muss man das Pendel **compensiren**, ihm Einrichtungen geben, die es trotz jenes Wechsels seine Länge unter allen Umständen bewahren lassen. Eine Compensation gegen Temperaturänderungen ist auf zweierlei Weise möglich; entweder man wählt den Stoff der Pendelstange so, dass die Wärme ihn nicht ausdehnt, oder man bringt Einrichtungen an, welche den Schwingungspunkt des Pendels selbstthätig ebensoviel wieder heben, als er durch Ausdehnung der Pendelstange gesunken ist und umgekehrt.

Trocknes Holz ist ein Stoff, der sich gegen die Wärme fast ganz indifferent verhält, um so empfindlicher aber ist es gegen die Feuchtigkeit. Entzieht man es deren Einfluss, indem man den aus ihm gefertigten Körper mit Oel tränkt und überzieht ihn dann mit einem die Feuchtigkeit völlig abhaltendem Lack, so erhält man aus ihm Pendelstangen, welche kaum Längenunterschiede zeigen und für bessere Regulatoruhren sehr wohl anzuwenden sind. Für astronomische Uhren reicht aber diese Art der Regulirung nicht aus, da sie kleine Aenderungen doch noch zulässt. Um sie völlig zu compensiren, setzt man die Pendelstange aus Metallstäben, die sich verschieden stark ausdehnen, zusammen, legt sie wie Roststangen nebeneinander und befestigt sie so, dass die Verlängerung des einen die des andern aufhebt. Als eines dieser Metalle kann man auch Quecksilber nehmen und das es enthaltende Gefäss dann als Pendelkörper benutzen. Im Vergleich mit dem Rostpendel hat aber das Quecksilberpendel den Nachtheil, dass das compensirende Quecksilber und die zu compensirende Pendelstange sich in verschiedenen Höhenlagen und dann möglicher Weise in Luftschichten von verschiedener Temperatur befinden, was bei der Anordnung der Stangen des Rostpendels ausgeschlossen ist.

Das **Rostpendel** wurde 1720 durch HARRISON[1]) zuerst angewendet. Sind die Längen der angebrachten beispielsweise fünf Stäbe mit kleinerem Ausdehnungscoëfficienten, deren Verlängerung den Schwingungspunkt senkt, der Reihe nach a, b, c, d, e, die der dazwischen liegenden das Pendel wieder verkürzenden f, g h, k und sind α und β die linearen Ausdehnungscoëfficienten der Metalle, aus denen sie bestehen, so ist die Länge des Pendels bei 0°

$$l_0 = (a + b + c + d + e) - (f + g + h + k)$$

und bei $t°$

$$l = (a + b + c + d + e)(1 + \alpha t) - (f + g + h + k)(1 + \beta t).$$

Soll nun Compensation stattfinden, so muss sein

$$l_0 = l_t.$$

Setzen wir also

$$(a + b + c + d + e) = L$$

und

$$(f + g + h + k) = M,$$

so müsste werden

$$L - M = L(1 + \alpha t) - M(1 + \beta t) = L - M + \alpha L t - \beta M t.$$

Dieser Gleichung kann nur genügt werden, wenn

$$\alpha L t - \beta M t = 0$$

also

$$L\alpha = M\beta$$

oder

$$L : M = \beta : \alpha.$$

---

[1]) GEHLER, Physikalischss Wörterbuch VII 1, pag. 390.

Die Gesammtlängen der Stäbe müssen sich also umgekehrt, wie die Ausdehnungscoëfficienten verhalten. Hat man die Längen von mehreren dieser Stäbe angenommen, so müssen die übrigen so bestimmt werden, dass diese Bedingung erfüllt ist.

Die Stäbe können nun in verschiedener Weise angeordnet, geformt und befestigt werden, wie die folgenden Beispiele zeigen. Fig. 450 stellt das von KESSELS angegebene compensirte Pendel vor, welches GROSSMANN zu seinen Pendeluhren verwendete. Der genannte Künstler beschreibt es folgendermassen[1]): »Der Aufhängungsstab *a* mit dem Haken an seinem oberen Ende ist in dem Querstück *b* befestigt; von diesem aus gehen zwei Stahlstäbe nach unten und tragen das Querstück *e*, welches dem Zinkstabe *g* als Stütze dient; die Ausdehnung des letzteren wirkt sonach in der Richtung nach oben und theilt seine Bewegung dem Querstücke *c* mit. In letzterem sind die äusseren beiden Stahlstäbe befestigt und gehen hinab bis durch das Querstück *f*. Sie sind mittelst Stiften mit diesem Stück verbunden, welches die Schraubenmutter zum Reguliren und mit diesem das Gewicht der Linse trägt. Die Stahlstäbe sind über das Stück *f* hinaus verlängert und ihre Enden reichen in zwei tiefe, in den Rand der Linse gebohrte Löcher, wodurch die Linse mit dem Rost in zuverlässiger Weise verbunden wird. Das Querstück *d* in der Mitte dient lediglich, um dem Roste eine grössere Festigkeit zu geben, und hat keinen Einflusss auf die Compensation.

»Das Rohr, in das die Mittelstange hineinpasst, ist bei diesem Pendel aus Zink und es passt in dasselbe ein kurzer Stahlstab ein, welcher in das Querstück *c* geht und mit demselben durch einen Stift verbunden ist. Die Verkürzung des Rohres und Verlängerung des Stabes und umgekehrt wird ebenfalls durch Versetzen des Stiftes *k* verursacht . . . Dieses Rohr reicht von einem Querstück zum andern und die Ein- und Ausschaltung geschieht von oben gegen unten.

(A. 450.)

»Damit die Ausdehnung der Linse gar nicht in Betracht komme, ist der kurze Stab *h*, welcher das Gewinde zum Reguliren trägt, bis in die Mitte der Linse geführt und dort festgeschraubt, so dass diese Stahllänge bei der Compensation zwar mitzurechnen ist, dagegen die Ausdehnung der Linse, weil sie um den Mittelpunkt nach allen Seiten gleichmässig erfolgt, ganz ohne Einwirkung bleibt.«

Wie bei dem KESSELS'schen Pendel wird auch bei dem Greenwicher Pendel die Compensation durch ein die Stahlstange umgebendes Zinkrohr erreicht, ein Verfahren, welches zuerst TROUGHTON[2]) angewendet hatte. Der Stahlstab ist in gewöhnlicher Weise aufgehängt, von dem Zinkrohr umgeben und ruht mit seinem unteren Ende auf einer Schraubenhülse, mit deren Hilfe das Pendel regulirt werden kann. Das obere Ende des Zinkrohres trägt ein Stahlrohr, welches mit seinem erweiterten Rande bis in die Mitte des aus Blei hergestellten Pendel-

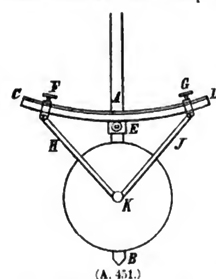
[1]) GELCICH, Die Uhrmacherkunst und die Behandlung der Präcisionsuhren. Wien 1892 pag. 311 nach Uhrmacher-Kalender 1880, pag. 187.

[2]) NICHOLSON's Journal 1804, T. IX, pag. 225. Vergl. GEHLER, Physikalisches Wörterbuch VII 1, pag. 390.

körpers reicht. Die Röhren sind von Canälchen durchzogen, welche ihr Inneres mit der äusseren Luft in Verbindung setzen und dafür sorgen, dass dessen Temperatur rasch den Schwankungen der Lufttemperatur folgt[1]). Eine weitere an diesem Pendel angebrachte Einrichtung, welche die genaue Compensation zu erhalten erlaubt, auch wenn die Länge der das Pendel bildenden Stäbe und Rohre nicht ganz genau bestimmt ist, wird später noch besprochen werden.

Bei dem Compensationspendel von BOURDIN[2]) ist die Eisenstange durch ein Glasrohr ersetzt, das auf beiden Seiten durch Stahlstücke geschlossen ist. Das obere dieser Stücke trägt den Aufhängehaken des Pendels, das untere ist mit einer mit Schraubengewinde versehenen Stange fest verbunden, welche zum Aufsetzen einer Mutter und der ihre Befestigung bewirkenden eiförmigen Gegenmutter dient. Ueber das Glasrohr ist mit ganz geringer Reibung ein Zinkrohr geschoben, welches auf der Mutter ruht. Es geht durch die über ihr befindliche messingene Pendellinse hindurch, welche mittelst zweier Platinstäbe an dem Zinkrohr aufgehängt ist. Dazu ist ein Ring an dem Zinkrohr befestigt, welcher mittelst zweier Schrauben einen zweiten Ring trägt, an dem die Platinstangen befestigt sind. Mit Hilfe dieser Schrauben kann durch Vermittlung der Platinstangen die Pendellinse etwas gehoben und gesenkt und dadurch so gestellt werden, dass bei Temperaturänderungen die Linse in Folge der Ausdehnung des Glases und Platins sich um ebensoviel abwärts bewegt, als sie durch die Ausdehnung des Zinkes wieder gehoben wird. Auf diese Weise wird die Pendellänge unverändert gehalten. Zwei Stifte verhindern, dass sich die Röhren gegeneinander verdrehen können.

Bei den Hebelcompensationspendeln wird in ähnlicher Weise, wie bei den Unruhen die Compensation bewirkt. Eine solche Einrichtung, die PERRON angegeben hat[3]), zeigt Fig. 451. Das Pendel, dessen Linse allein gezeichnet ist, hat nur eine Stange *A*, die durch die Linse, bei *B* wieder erscheinend, hindurchgeht, ohne dass beide direkt mit einander befestigt wären. Gehalten wird die Linse durch die an dem Zapfen *K* befestigten Stangen *H* und *J*, welche in den Läufern, Metallbügeln mit den Schrauben *F* und *G*, endigen. Diese Schrauben sind an den aus zwei Metallen zusammengesetzten, nach einem Kreise gebogenen Streifen *CD* angeklemmt und verbinden so die Pendelstange mit der Linse. Bei steigender Temperatur sinkt nun zwar die Schraube *E* herab; da sich aber nun der Bogen *CD*, der das Metall mit dem stärkeren Ausdehnungscoëfficienten an seiner äusseren Seite hat, stärker krümmt, so kann es leicht eingerichtet werden, dass der Schwingungspunkt *K* um eben soviel wieder gehoben wird, als er durch Senken der Schraube herabgegangen war.



(A. 451.)

Die Quecksilbercompensation hat bereits 1721 GRAHAM[4]) angewendet. Ist l die Länge der Pendelstange, α ihr linearer Ausdehnungscoëfficient so nimmt

[1]) LOCKYER, Die Beobachtung der Sterne sonst und jetzt. Uebersetzt von G. SIEBERT. Braunschweig 1880, pag. 211.

[2]) GELCICH, a. a. O., pag. 321.

[3]) GELCICH, a. a. O., pag. 317.

[4]) GEHLER, a. a. O., VII 1, pag. 388

l bei Erwärmung von 1° C. um αl zu. Ist sodann β der cubische Ausdehnungscoëfficient des Quecksilbers in dem es umschliessenden Gefässe, h dessen Höhe und nimmt man es als cylindrisch an, welche Form wohl allein in Frage kommen dürfte, so liegt sein Schwerpunkt in der Höhe $\frac{h}{2}$ über dem Boden. Ohne merklichen Fehler wird man den Schwerpunkt für den Schwingungspunkt nehmen dürfen. Bei einer Temperaturänderung aus 1° C. müsste der Schwerpunkt um $\beta \frac{h}{2}$ gehoben werden und für den Fall vollständiger Compensation also sein:

$$\beta \frac{h}{2} = l\alpha$$
$$h = 2l\frac{\alpha}{\beta}.$$

Es ist nun nicht zweckmässig, das Quecksilber in Glasgefässen zu verwenden. Schon DENT[1]) hat vorgeschlagen, gusseiserne zu nehmen. Nicht nur, dass solche sich in viel vollkommener Weise cylindrisch herstellen lassen, es lässt sich auch in ihnen das Quecksilber durch Auskochen leicht von aller Feuchtigkeit befreien. Das ist aber von grösster Bedeutung, da sonst das Eisen in Folge des entstehenden galvanischen Stromes rasch rosten würde. Auch kann das Quecksilber in eisernen Gefässen leicht versendet werden. Nach REGNAULT's Untersuchungen[2]) ist nun der Ausdehnungscoëfficient des Quecksilbers im Gusseisen $\frac{1}{6712}$. Es wird somit

$$\beta = \frac{1}{6712} r^2 \pi h,$$

wenn r den Radius des cylindrischen Quecksilbergefässes bedeutet und also

$$h = 2l\alpha \frac{6712}{r^2 \pi h} = \frac{65{,}37}{r} \sqrt{l\alpha}$$

eine Gleichung, welche für eine Pendelstange von der Länge l mit einem Ausdehnungscoëfficienten α die Höhe h des Quecksilbers im Gefässe zu berechnen gestattet.

Damit Pendelstange und Gefäss möglichst gleiche Temperatur annehmen, ist jene durch dieses hindurchgeführt. Um dem Quecksilber leicht die Temperatur der Umgebung mitzutheilen, nahm JÜRGENSEN zwei solcher Gefässe, welche er zu beiden Seiten der Pendelstange anbrachte. Da nicht genügend genaue Kenntniss der Ausdehnungscoëfficienten nachträgliche Correcturen nöthig macht, so trägt die Pendelstange oben ein Schälchen, in welches Gewichte gelegt werden können, die den Gang des Pendels verlangsamen. Eine weitere Correctur erhält man, wenn man eine auf dem Deckel des Gefässes angebrachte, getheilte Mutter dreht. Eine noch feinere Regulirung lässt das Compensationspendel von RIEFLER[3]) zu: »Es besteht aus einem Mannesmann Stahlrohr von 16 *mm* Weite und 1 *mm* Wandstärke, welches etwa bis zu $\frac{2}{3}$ seiner Länge mit Quecksilber gefüllt ist. Das Pendel hat ausserdem eine mehrere Kilogramm schwere Metallinse von einer die Luft gut durchschneidenden Form, oberhalb derselben sind scheibenförmige Gewichtskörper für die Correctur der Compensation aufgeschraubt, deren Anzahl man zu diesem Zweck nach Bedarf ver-

---

[1]) GEHLER, a. a. O. XI, pag. 447. Vergl. LITTROW's Kalender für alle Stände, Wien 1845, pag. 18.

[2]) WINKELMANN, Handbuch der Physik. Breslau 1896 II 2, pag. 87.

[3]) RIEFLER, Die Präcisionsuhren mit vollkommen freiem Echappement und neuem Quecksilbercompensationspendel 1894, pag 8.

mehren oder vermindern kann.« Das Pendel lässt also eine dreifache Regulirung des Uhrgangs[1]) zu, eine grobe durch Auf- und Abwärtsschrauben der Linse, eine feinere durch die nämlichen Bewegungen der Correctionsscheiben unterhalb der Linse und eine ganz feine durch Zufügen von Zulagegewichten, welche auf ein am Pendelrohr angebrachtes Schälchen gelegt werden. Die Güte der Compensation prüft man, indem man die von der Uhr angegebene Zeit mit Sternbeobachtungen vergleicht. So fand ANDING für die RIEFLER'sche Uhr den Compensationsfehler für $\pm$ 1° C. zu 0·0005 Sec. täglich.

Es versteht sich wohl von selbst, dass die Uhren in Räumen aufgestellt werden, die dem Temperaturwechsel in möglichst geringem Grade unterworfen sind. Russische Astronomen sind sogar so weit gegangen, die Uhr in einem im Boden befindlichen Steingehäuse aufzustellen, um sie den Temperaturschwankungen soviel wie möglich zu entziehen.

5) Compensation des Pendels gegen Luftdruckänderungen. Neben den Aenderungen der Lufttemperatur üben auch die des Luftdruckes einen Einfluss auf den Gang der Pendeluhr aus. Denn da die Luft den Schwingungen des Pendels einen Widerstand entgegensetzt, so muss dieser mit wachsender Dichte zu-, mit abnehmender abnehmen, die Dichte der Luft verändert sich aber mit dem Luftdruck. Dass die Wirkung des Luftdruckes bemerkbar ist und also corrigirt oder compensirt werden muss, beweisen die Beobachtungen TISSERAND's[2]) an dem vom Mechaniker WINNERL verfertigten Pendel, welches in einer Tiefe von 27 *m* unter der Erdoberfläche in den Kellern der Pariser Sternwarte aufgestellt ist. Das Pendel schwingt in einem besonderen Gehäuse, welches aber nicht luftdicht verschlossen ist; ein in ihm aufgestelltes Manometer liess erkennen, dass sich der in ihm herrschende Luftdruck mit dem äusseren änderte, Thermometerbeobachtungen aber ergaben nur Schwankungen der Lufttemperatur von 0·01° bis 0·02°. Der tägliche Gang μ der Uhr wurde durch die Formel

$$\mu = 0^{s}\cdot 019 + 0^{s}\cdot 0146\ (b - 753)$$

darstellbar gefunden, wo b den Barometerstand in Millimetern bedeutet. Die Formel ist mit Hilfe der Meridianbeobachtungen einer Anzahl Sterne vom August 1894 bis Januar 1895 aufgestellt und ihre Brauchbarkeit folgt daraus, dass der Coëfficient 0·0146 mit dem übereinstimmt, den man auch auf theoretischem Wege durch den Widerstand der Luft bedingt findet. Wie merklich der Einfluss des Barometerstandes ist, ergiebt sich aus den grössten Abweichungen der durch das Pendel gegebenen von den wirklichen Werthen. Brachte man die Correction wegen des Barometerstandes an, so bewegten sie sich zwischen den Grenzen $-\ 0^{s}\cdot 20$ und $+\ 0^{s}\cdot 29$, vernachlässigte man sie, so stiegen diese Werthe auf $-\ 1^{s}\cdot 28$ und $+\ 1^{s}\cdot 07$.

Es giebt nun zwei Wege, das Pendel vom Einflusse des Luftdruckes zu befreien, entweder indem man es zu compensiren sucht, oder indem man es in einen luftdicht verschlossenen Raum einschliesst. Beide Wege sind eingeschlagen worden. Namentlich hat man die Compensation auf die verschiedenste Weise erreichen wollen. Man hat die Aufhängefeder an den Schlitz einer Metallplatte gelegt, welche mit dem Deckel eines Aneroïds oder mit einem Schwimmer auf dem Quecksilber im offenen Schenkel des Barometers sich auf- und abbewegt

---

[1]) Ueber Gang und Stand der Uhr, s. den Artikel Chronometer, Handwörterbuch der Astronomie Bd. I, pag. 635.

[2]) TISSERAND, Compt. rend. 1896, Bd. 122, pag. 646.

und so die Pendellänge zu vergrössern oder zu verkleinern gesucht, ohne jedoch zufriedenstellende Ergebnisse zu erhalten.

In Greenwich wendet man mit besserem Erfolge einen Magneten an[1]. An das Pendelgewicht sind zu beiden Seiten Stahlmagnete angeschraubt, welche entgegengesetzte Pole nach unten kehren. Ihnen gegenüber befinden sich die nach oben gekehrten Pole eines Hufeisenmagneten, der so aufgestellt ist, dass sich ungleichnamige Pole einander gegenüberstehen. Der Hufeisenmagnet ist an dem einen Arm eines auf Stahlschneide ruhenden Wagebalkens aufgehängt, dessen anderer Arm eine Schale trägt zur Aufnahme von Gewichten behufs Aequilibrirung des Magneten und eine eiserne Platte, die auf dem Quecksilber im offenen Schenkel eines Heberbarometers schwimmt. Die Anziehung der Magnete verstärkt die Wirkung der Schwere und vermehrt also die Anzahl der in der Zeiteinheit ausgeführten Pendelschwingungen. Indem der offene Schenkel des Barometers aber viermal so weit wie der geschlossene ist, so entspricht der Bewegung des Quecksilbers in diesem nur der fünfte Theil von der in jenem. Steigt oder fällt das Barometer also um 1 *cm*, so wird der Hufeisenmagnet um $\frac{1}{5}$ *cm* gehoben oder gesenkt und dementsprechend der Gang der Uhr beschleunigt oder verlangsamt.

In einfacher Weise suchte KRÜGER[2] die Compensation des Luftdruckes zu erreichen, indem er an die Pendelstange ein U-förmig gebogenes Rohr mit einem längeren oben geschlossenen und einem kürzeren offenen Schenkel anbrachte. Dieses Rohr wurde soweit mit Quecksilber gefüllt, dass es etwa die Hälfte des geschlossenen Schenkels einnahm, aus dem offenen Schenkel aber bei dem niedrigsten Barometerstand noch nichts ausfloss. Der obere Theil des geschlossenen Schenkels war mit Luft gefüllt, der ganze Apparat war also nichts anderes wie ein Manometer. Bei steigendem Luftdruck tritt nun ein Theil des Quecksilbers aus dem offenen in den geschlossenen Schenkel über und hebt so den Schwingungspunkt des Pendels. Das so verkürzte schwingt rascher und umgekehrt wird, wenn bei abnehmendem Luftdruck die Quecksilbersäule sich verkürzend den Schwingungspunkt senkt, die Schwingungsdauer verlängert.

Ein solches Manometer kann an jedem gegen die Temperaturänderung compensierten Pendel angebracht werden, wenn nur der Punkt an dem dies geschehen muss, richtig bestimmt wird. Den Abstand ξ der Mitte der »wirksamen Quecksilbersäule«, d. h. der Quecksilbersäule, welche im geschlossenen Schenkel über die Oberfläche des offenen emporragt, von der Mitte der Pendelstange findet man nach KRÜGER mit Hilfe der Formel

$$\xi = \frac{\mu}{86\cdot 4} \cdot \frac{2\lambda - h - y}{\lambda y z} V,$$

wo μ die tägliche Retardation, welche dem Steigen des Barometerstandes um 1 *mm* entspricht, λ die Länge des mit verdünnter Luft gefüllten Theiles der Röhre, h den Barometerstand, y den Höhenunterschied des Quecksilbers in beiden Manometerröhren, z das Gewicht einer Längeneinheit Quecksilber in der Röhre des Manometers, V das Trägheitsmoment des ganzen Pendels bedeutet.

Bringt man nun aber das Manometer an, so wird der Gang des Pendels beschleunigt und es muss berechnet werden, um wieviel das den Pendelkörper ausmachende Quecksilber mit Gefäss und Zubehör tiefer gelegt werden muss, damit die Schwingungsdauer des Pendels ungeändert bleibt, und dies um so

[1] LOCKYER, a. a. O, pag. 215.

[2] KRÜGER, Astronomische Nachrichten No. 1482. März 1864.

mehr, als auch dadurch das Trägheitsmoment um ein weniges vergrössert wird. Aber auch die Wärmecompensation ist dann gestört und es muss somit weiter berechnet werden, wie viel Quecksilber zuzufügen ist, um sie wieder herzustellen. Ist das geschehen, so muss das Untergestell des Pendels wieder etwas gesenkt werden, wenn der richtige Gang der Uhr bewahrt bleiben soll. Weil aber dadurch das Trägheitsmoment des Quecksilbers vermehrt wird, so ist nun ein weiterer Näherungswerth von ξ zu berechnen, danach wieder Quecksilber zuzufügen und das Untergestell wieder zu senken. Längere Vergleichungen des Ganges der Uhr mit Zeitbestimmungen, die zu diesem Zwecke angestellt werden, geben sodann darüber Aufschluss, um wieviel bei mittlerer Temperatur die Uhr vorgeht und welche Retardation ein Steigen der Temperatur um 1° C hervorruft. Mittelst zweier linearer Gleichungen mit zwei Unbekannten findet man schliesslich, wieviel Quecksilber noch hinzugefügt, wie weit das Untergestell noch gesenkt werden muss, wenn die Compensation zur Zufriedenheit wirken soll.

In solcher Weise wollte OUDEMANS[1]) für die HOHWÜ'sche Normaluhr der Utrechter Sternwarte die Compensation für den Luftdruck herstellen. Während eines ganzen Jahres war zu diesem Zwecke der Gang der Uhr beobachtet, bei den alsdann vorgenommenen Messungen zerbrach aber das die Temperaturcompensation herstellende gläserne Quecksilbergefäss und musste durch ein neues von anderer Weite und anderem Gewicht ersetzt werden. Es blieb dann nichts übrig, als die Menge Quecksilber von Neuem zu bestimmen, welche für jene Compensation erforderlich war, sodann die Entfernung des Bodens des Quecksilbergefässes vom Aufhängepunkte des Pendels, endlich den Ort, wo das Manometer angebracht werden musste, um die Compensation zu einer vollständigen zu machen. OUDEMANS hat die dazu nöthigen weitläufigen Rechnungen in der Zeitschrift für Instrumentenkunde mitgetheilt, auf welche zu verweisen wir uns hier begnügen müssen.

Einen anderen Weg, die Luftdruckcompensation des Pendels zu erhalten, schlägt NIPPOLDT[2]) ein. Ausgedehnte, zum Theil von BESSEL's Arbeiten über das Pendel, ausgehende Bestimmungen, die wir hier jedoch übergehen müssen, führten zu dem Ergebniss, dass ein Doppelpendel, wie es in Fig. 452 von vorn und von der Seite dargestellt ist, gegen Temperaturänderungen compensirt werden kann, wenn seine Theile aus verschiedenen Metallen bestehen, von denen das den unteren bildende den grösseren Ausdehnungscoëfficient für Wärme haben muss, und wenn zugleich die Massenverhältnisse richtig bestimmt sind, dass dagegen die Compensation gegen Luftdichteänderungen durch Festlegung der Volumenverhältnisse der beiden vertical übereinanderliegenden Hauptpendelmasse möglich ist, endlich dass diese beiden Compensationen unabhängig von einander functioniren. Die Compensationen gegen Luftdichteänderungen will NIPPOLDT auf folgende Weise erhalten: (Fig. 452) »Es werden[3]) eine Anzahl kleiner aus dünnem Blech gefertigter Doppelkreissectoren fächerartig auf einer gemeinsamen durch den Schwerpunkt der Sectoren gehenden Drehungsaxe befestigt, so dass letztere senkrecht zu den unter sich parallelen Ebenen der Sectoren steht. Die Sectoren lassen sich derart um die Axe drehen, dass sie eine grössere oder kleinere Fläche dem Luftwiderstande darbieten. Diese Vorrichtung wird je nach Bedürfniss in grösserer oder geringerer Entfernung vom

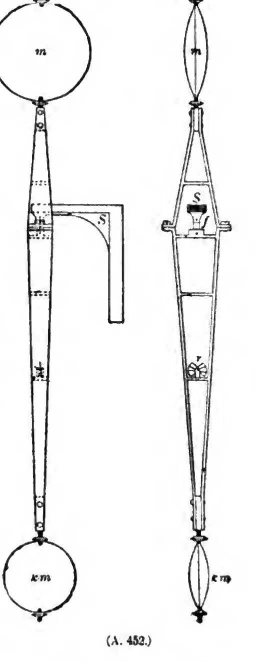
---

1) OUDEMANS, Zeitschrift für Instrumentenkunde. 1881. I. pag. 190, ff.

2) NIPPOLDT, Zeitschrift für Instrumentenkunde. 1889. IX, pag. 197.

3) NIPPOLDT, a. a. O., pag. 213.

Aufhängepunkt am Pendel angebracht, so dass die Fächeraxe in die Richtung der Bewegung fällt. Die Gesammtfläche aller Sectoren braucht nur wenige Procente des Maximalquerschnittes aller Pendeltheile senkrecht zur Schwingungsebene des Pendels zu betragen.« In der Figur ist der untere Arm doppelt so lang gewählt, als der obere. Die Fächerjustirung ist bei *r* zu sehen, *f* ist die Aufhängefeder, *s* die feste Stütze, welche das Pendel trägt. Sie kann an der Seiten- oder Hinterwand des Gehäuses befestigt werden. Würde man die Grösse des Pendels und seiner Theile fünf Mal so gross, wie in der Figur nehmen, so gäbe die Zeichnung die Maasse für ein Pendel aus Zink und Eisen. Für Bronze und Eisen wären die Maasse der Fig. 452 $\frac{3}{10}$ von den zur Anwendung zu bringenden.



(A. 452.)

In einer späteren Arbeit schlägt NIPPOLDT[1]) vor, den Einfluss der Luftdichte und der Temperaturschwankungen durch ein nicht ausgepumptes Aneroïd, welches auf einem am Pendel befestigten, die Aufhängefeder und -stütze umschliessenden Ringe oder Rahmen mit horizontaler elastischer Membran angebracht ist und dessen oberer Deckel mit einer Schale zur Aufnahme von Gewichten versehen ist, unschädlich zu machen.

Beide Vorschläge scheinen noch nicht ausgeführt worden zu sein.

Das zweite Mittel, das Pendel von den störenden Einwirkungen des veränderlichen Luftdruckes dadurch zu befreien, dass man es in einen luftdicht verschlossenen Raum einschliesst, hat 1867 FÖRSTER[2]) angewendet. Er setzte die Uhr in einen Glascylinder, auf dessen beide Enden messingene Deckplatten aufgerieben und mit einem Gemenge von Wachs und Schweinefett gedichtet waren[3]). Die Luft in dem Rohre war zum Theil ausgepumpt worden. Nicht nur die Aufstellung in feuchten Räumen von constanter Temperatur ermöglicht die luftdichte Aufstellung, sie erlaubt auch die darin enthaltene Luft mit Chlorcalcium zu trocknen und schützt besonders wirksam gegen Staub und Unreinigkeit. Die Befürchtung des zu starken Eintrocknens des Oeles hat sich als nicht begründet erwiesen. Die Untersuchung des Ganges dieser Uhr, welche ZWINK ausführte, hat gezeigt, dass dessen wahrscheinlicher Fehler in der That kleiner war, als bei anerkannt vorzüglichen Uhren. Die Anbringung der Uhr im luftdichten Verschluss ist indessen mit soviel Schwierigkeiten verknüpft, dass man sich besser damit begnügt, die Uhr nur so aufzustellen, dass sie vor starken

---

[1]) NIPPOLDT, Zeitschr. für Instrumentenkunde 1896. XVI, pag. 44.

[2]) FÖRSTER, Carls Repertorium 1867. III., pag. 271.

[3]) ZWINK, Die Pendeluhren im luftdicht verschlossenen Raume, Inauguraldissertation, Halle a. S. 1888, pag. 6.

Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen geschützt ist. Zeigte doch auch die Umgebung der Berliner Uhr in dem Glasrohr noch Spuren von Wasserdampf, dessen Quelle man in dem zum Dichten benutzten Schweinefett vermuthete. Für die Brauchbarkeit der in dieser einfachen Weise getroffenen Anordnung spricht die Formel für den Gang der so aufgestellten Pendeluhr der Bothkamper Sternwarte. Für die Zeit nach dem 31. Juli 1891 fand sie TETENS[1]) zu

$$+0^{s}\!\cdot\!0981-0^{s}\!\cdot\!000209(T-1891.\text{Juli }31\cdot5)-0^{s}\!\cdot\!0442(t^{\circ}-10^{\circ}\text{C.})-0^{s}\!\cdot\!0153(b-700mm).$$

wo T die Zeit der Beobachtung, t die Temperatur, b den Barometerstand bedeuten.

Einen Ueberblick über die Güte der Compensation einer Anzahl der besten Uhren giebt die folgende von RIEFLER[2]) zusammengestellte Tabelle.

Laufende Numm.	Namen der Uhr und Ort ihrer Aufstellung	Tägliche Gangänderung für 1° C. Secunden.	Grösste Temperaturdifferenz ° C.	Quellenangabe
1.	HOHWÜ, No. 17. Sternwarte zu Leiden.	— 0·0151	17°·6	KAISER, Astronomische Nachrichten, Bd. 63, No. 1502.
2.	TIEDE, No. 400, Sternwarte Berlin.	+ 0·0222	15·4	ZWINK, Inaug. dissert. 1888.
3.	KNOBLICH, No. 1952, Observatorium Potsdam.	— 0·0360	16·8	BECKER, astron. Nachrichten Bd. 96, No. 2290.
4.	DENT, Observatorium Hongkong.	— 0·0350	—	DOBERCK, Astron. Nachr. Bd. 120, No. 2868.
5.	HOHWÜ, No. 34, Sternwarte Upsala.	— 0·0350 — 0·0265	15	SCHULTZ, Astron. Nachr. Bd. 103, No. 2452.
6.	KNOBLICH, No. 1847.	— 0·0025	19	SCHUMACHER, Astron. Nachr. Bd. 91, No. 2166.
7.	DENKER, No. 12, Sternwarte Leipzig.	— 0·0160	22	R. SCHUMANN, Berichte der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften. 1888.
8.	HIPP[3]), Sternwarte Neuchâtel von 1885—1887 von 1888—1890	 + 0·0610 — 0·0049	 16·5	HIRSCH, Rapport générale sur l'Observatoire de Neuchâtel.
9.	KNOBLICH, No. 1770, Sternwarte Bothkamp.	— 0·0442	19·8	TETENS, Inauguraldissertation. 1892.
10.	RIEFLER, No. 1, Sternwarte München.	+ 0·0008	31	ANDING, Sternwarte München.

Die Hemmung. Wie wir sahen, hatte HUYGENS die Art der Hemmung, wie sie zu seiner Zeit längst üblich war, beibehalten, aber wenn sie sich auch als brauchbar erwies, so hatte sie doch den Nachtheil, grosse Schwingungsweiten

[1]) TETENS, Untersuchung über den Gang und Stand der Hauptuhr der Bothkamper Sternwarte. Inauguraldissertation, Leipzig 1892. pag. 35.

[2]) RIEFLER, Zeitschrift für Instrumentenkunde. 1893. XIII., pag. 93.

[3]) Bei der HIPP'schen Uhr war das Quecksilberquantum 1885 und 1888 vermehrt.

des Pendels zu erfordern und dadurch den Isochronismus zu gefährden. Man ersetzte deshalb später die Stange mit den Lappen durch den in Fig. 442 dargestellten Anker *N*. Die günstigsten Bedingungen für die Wirkung der Hemmung findet man folgendermaassen[1]·

1) Theorie der Hemmung. Das Pendel schwinge während der Zeit τ_1 für sich, ohne dass die treibende Kraft seine Bewegung beeinflusst. Während dieses Zeitraumes bleibt das Uhrwerk in Ruhe. Durch die Zeit τ_2 wirke nun die treibende Kraft beschleunigend auf das Pendel und während einer darauf folgenden Zeit τ_3, die oft sehr klein angenommen wird, schwinge das Pendel wieder für sich weiter, während die treibende Kraft auf das Uhrwerk einwirkt. Es ist alsdann $\tau_1 > \tau_2 > \tau_3$ und die Schwingungszeit

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3.$$

Nennen wir nun A den Ueberschuss der Arbeit, welche die treibende Kraft verrichtet, über die Arbeit der Widerstände des Uhrwerks während der Zeit τ_2, B die Widerstandsarbeit des Pendels für die ganze Schwingungsdauer τ, so dient nicht die ganze Arbeit A zur Ueberwindung des Widerstandes B, sondern, da am Anfang der Zeit τ_2 das Uhrwerk in Ruhe war, nur ein Theil davon. Ist M die auf den Angriffspunkt der Hemmung am Pendel reducirte Masse des Uhrwerks, v_2 die Geschwindigkeit dieses Punktes am Ende von τ_2, W der Widerstand, den das Pendel unabhängig von seiner vorübergehenden Berührung mit der Hemmung leistet, also namentlich der ihm von der Luft entgegengesetzte, R der Reibungswiderstand beim Hingleiten des das Pendel antreibenden Theiles der Hemmung, so ist

$$A = \tfrac{1}{2} M v_2^2 + B = \tfrac{1}{2} M v_2^2 + R + W.$$

Ist ferner w_2 die der Geschwindigkeit v_2 entsprechende Geschwindigkeit des mit dem Angriffspunkt der Hemmung zusammenfallenden Pendelpunktes, w_1 das Maximum der Geschwindigkeit w dieses Punktes, also seine Geschwindigkeit in der Mitte des Schwingungsbogens, so bleibt selbst bei grösserer Aenderung des Ausschlagswinkels α das Aenderungsgesetz von w und die Schwingungsdauer τ ungeändert und da man also $w_1 = n\alpha$ setzen kann, wo n eine Constante bedeutet, so ist

$$\tfrac{1}{2} M v_2^2 = \tfrac{1}{2} M \left(\frac{v_2}{w_2} \cdot \frac{w_2}{w_1} n\right)^2 \alpha^2.$$

Da die Reibungsarbeit R nahezu proportional α sein wird, so darf man setzen

$$R = a + b\alpha$$

wo a und b zwei Constante bedeuten. Ebenso darf man das Moment des Luftwiderstandes für die Schwingungsaxe des Pendels proportional w^m setzen, also, wenn C wieder eine Constante ist

$$C w^m = C \left(\frac{w}{w_1}\right)^m (n\alpha)^m,$$

somit der von der Luft für den Ausschlagswinkel 2α der Pendelbewegung entgegengesetzte Widerstand

$$W = 2\int_0^\alpha C w^m d\alpha = 2\,C(n\alpha)^m \int_0^\alpha \left(\frac{w}{w_1}\right)^m d\alpha.$$

[1]) GRASHOF, a. a. O. II, pag. 630.

Das Integral ist gleich dem Produkte aus α in einen durch das Schwingungsgesetz bestimmten Mittelwerth von $\left(\frac{w}{w_1}\right)^m$, so dass, wenn man diesen und ebenso $2\,n^m$ als Factoren in eine weitere Constante c einschliesst

$$W = c\alpha^{m+1},$$

wo m zwischen 1 und 2 liegt und zwar um so näher an 1, je mehr der Luftwiderstand sich vorzugsweise als Reibung geltend macht, So ergiebt sich

$$A = \tfrac{1}{2} M \left(\frac{v_2}{w_2} \cdot \frac{w_2}{w_1} n\right)^2 \alpha^2 + a + b\alpha + c\alpha^{m+1}$$

und

$$\frac{dA}{d\alpha} = M\left(\frac{v_2}{w_2} \cdot \frac{w_2}{w_1} n\right)^2 \alpha + b + (m+1)c\alpha^m.$$

Sollen hier die Aenderungen von α möglichst klein erhalten werden, so müssen die Ursachen der Aenderung von A möglichst fern gehalten, und die Verhältnisse so gewählt werden, dass $\frac{dA}{d\alpha}$ möglichst gross wird. Das erreicht man am Unbedenklichsten, wenn man $\frac{v_2}{w_2}$ und $\frac{w_2}{w_1}$ möglichst grosss macht. $\frac{v_2}{w_2}$ hängt von den Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Hemmungsarten ab, $\frac{w_2}{w_1}$ dagegen ist möglichst $= 1$ zu machen, indem man eine Anordnung trifft, bei welcher das Pendel stets während einer solchen Zeit τ_2 angetrieben wird, deren Ende es mit seiner grössten Geschwindigkeit durchläuft. Dann setzt sich die Schwingungsdauer in der Weise aus ihren Bestandtheilen zusammen, dass

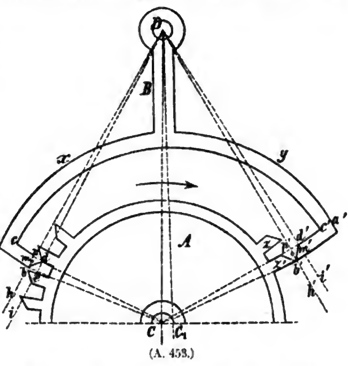
$$\tau = \tfrac{1}{2}\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tfrac{1}{2}\tau_1$$

wird. Das Steigrad kann nun nur während der kleinen Zeit τ_3 der bewegenden Kraft folgen, während der Zeit τ_1 ist es durch Vermittlung seiner Zähne gehemmt, und nur innerhalb der Zeit τ_2 wirkt es durch seine Zähne antreibend auf das schwingende Pendel. Ist während τ_1 und τ_2 das Steigrad in unmittelbarer Berührung mit dem Regulator, so hat man die direkt oder unmittelbar wirkende Hemmung, wozu die rückspringende und ruhende gehören schwingt das Pendel dagegen während des grösseren Theiles der Hemmungsdauer τ_1 ganz frei, nämlich unabhängig von der Hemmung, wirkt diese also indirekt oder mittelbar, so ist die Hemmung eine freie.

2) Die rückspringende Hemmung oder den englischen Haken hat 1680 zuerst der englische Uhrmacher CLEMENT angewendet. Sie ist in Fig. 442 abgebildet. Hat der rechts hinter H gelegene Haken von N einen Zahn des Rades M freigegehen, so rückt das Rad um einen Zahn weiter, wird aber, nachdem dies geschehen ist, durch den linksgelegenen Haken von N sogleich wieder in seiner Bewegung gehemmt, da dieser bei der Schwingung des Pendels und Hakens nach rechts in die Zahnlücke getreten ist Das Pendel hat alsdann aber seine Schwingung noch nicht vollendet und drängt, indem es dies, sich noch weiter nach rechts bewegend und den Anker N mitnehmend, thut, den gehemmten Zahn so lange wieder zurück, bis sich seine Bewegung umkehrt. Das dadurch bedingte ruckweise Vorschreiten mit folgendem Zurückweichen kann man sehr schön mit blossem Auge u. a. an der in riesenhaften Abmessungen ausgeführten Uhr im Krystallpalast in Sydenham sehen. Während des grössten Theiles seiner Schwingungen wird also das Pendel von der treibenden Kraft

bewegt. Da es dadurch aber einen grösseren Ersatz an Arbeitsvermögen erhält, als es aufgewendet hat, so gleicht sich der Ueberschuss wieder in der Rückbewegung aus. Aus der Dauer dieser Rückbewegung und der darauf folgenden Vorwärtsbewegung des Steigrades setzt sich also die Zeit τ_1 zusammen.

3) Die ruhende Hemmung oder den Grahamgang hat 1715 Graham an die Stelle der rückspringenden gesetzt und so die Erschütterungen, die diese mit sich brachte, vermieden. Ihre Einrichtung ist aus Fig. 453 zu ersehen. Der Unterschied beider Hemmungen liegt nur in der Form der Haken. Sie stehen bei der ruhenden Hemmung etwa senkrecht auf der Peripherie des Steigrades, mit dessen Zähnen die Flächen *bd*, *b'd'*, *ab* und *d'c'* in Berührung kommen. Während aber die beiden erstgenannten gegen die Peripherie oder die Tangente daran ein wenig geneigt sind, so dass der an ihnen abgleitende Zahn des Steigrades die zurückgehende Bewegung des Ankers beschleunigt und damit dem Pendel die verloren gegangene lebendige Kraft wieder ersetzt, sind die Flächen *ab* und *d'c'* Cylinderflächen, deren Axe mit der Axe *D* des Ankers zusammenfälllt. In der in Fig. 453 gezeichneten Lage ist der Zahn *z'* eben an der Fläche *d'b'* hingeglitten und da der andere Haken noch nicht in die Steigradzähne eingriff, so konnte das Steigrad die neue Stellung einnehmen, in welcher die Spitze des Zahnes *e* im Begriffe ist, sich gegen die Kante *b* zu legen. Bei der Weiterbewegung des Pendels nach rechts hemmt nun der Haken *ad* die Bewegung des Rades, indem sich die Fläche *ab* vor dem Zahne *e* hinbewegt. Ist die Cylinderform dieser Fläche richtig gewählt, so drückt sie *e* nicht zurück und das Steigrad bleibt in Ruhe, bis die Spitze von *e* wieder bei *b* ankommt und nun das Pendel beschleunigend an *bd* hingleitet, Da dieses alsdann seine grösste Geschwindigkeit hat, so kann der Antrieb weder eine Beschleunigung noch Verzögerung seiner Bewegung zur Folge haben.



(A. 453.)

Der Beweis hierfür, sowie die Bedingung für die richtige Wirkung der Hemmung, ergiebt sich folgendermassen. Während der Anker den Winkel hDi oder den andern $h'Di'$ beschreibt, erhält das Pendel seinen Antrieb. Soll sein Gang regelmässig sein, so muss man $\angle hDi = h'Di'$ machen und ebenso $bCp = b'Cp'$ also auch

$$bp = b'p' \text{ und } dp = d'p'.$$

Als Winkel bpC' und $b'p'C'$ wird man aber Rechte nehmen; es werden somit die Dreiecke bpd und $b'p'd'$ congruent und

$$\angle dbp = d'b'p'.$$

Den Gleit- oder Hebungsflächen *bd* und *b'd'* sind somit gegen die Peripherie des Steigrades die nämlichen Neigungen zu ertheilen. Sollten bpC und $b'p'C$ aber rechte Winkel werden, so müssen die Flächen *c'd'* und *ab* Kreisen mit demselben Radius angehören. Da das nicht zu erreichen ist, so begnügt man sich damit, die Mitten *m* und *m'* der kleinen Bogen *bp* und *b'p'* so zu legen, dass

sie die Berührungspunkte der von D an den um die Zahnspitzen des Steigrades gelegten Kreis gezogenen Tagenten bilden. Setzt man nun

$$\angle dbp = d'b'p' = \alpha$$
$$\angle dDp = d'Dp' = \beta$$
$$Dp = Dd = Dp' = Dd' = l$$
$$bp = b'p' = a,$$

so wird

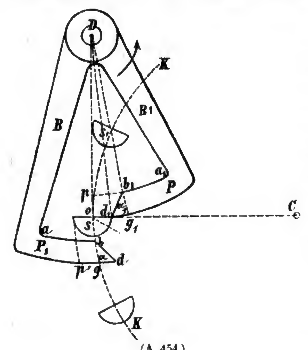
$$pd = p'd' = \beta \cdot l = a \, tang \, \alpha$$

und die Bedingung für einen guten Gang der Hemmung würde sein

$$\frac{tang \, \alpha}{\beta} = \frac{l}{a}.$$

Soll nun, wie dies die vorgetragene Theorie fordert, das Verhältniss $\frac{w_2}{w_1}$ möglichst gross werden, so wird w_2 gleich der Maximalgeschwindigkeit des Ankers gemacht werden, das Pendel also seine Ruhelage gleich nach Beendigung des Antriebes durchlaufen müssen. Genau diese Forderung zu erfüllen, ist deshalb nicht möglich, weil die Steigradzähne die Kanten d und d' nicht verlassen, während das Pendel dieselbe Lage einnimmt. Annähernd aber wird dies dann geschehen, wenn bei der Ruhelage des Pendels eine Steigradzahnkante in der Mitte der entsprechenden Hebungsfläche steht, oder auch, wenn die Axe D lothrecht über C sich befindet und die Mittellinie DC' des Ankers den Winkel bDd' halbirt.

4) Die Stiftenhemmung. Da bei dem Graham-Gang die Steigradzähne abwechselnd von der einen und der anderen Seite gegen den Anker stossen so werden die Axen des Steigrades und des Ankers mit der Zeit etwas schlottrig. Diesen Uebelstand vermeidet die vom englischen Uhrmacher Vulliamy erfundene Stiftenhemmung, deren Einrichtung aus Fig. 454 ersichtlich ist. Bei ihr ist der Anker, der sich von dem der ruhenden Hemmung hauptsächlich durch die ungleiche Länge der Arme und den spitzeren Winkel, den sie einschliessen, unterscheidet, über dem am weitesten links liegendem Punkte des Steigrades angebracht. Die Ruheflächen ab und $a'b'$ sind wieder Cylinderflächen mit der Axe D, anstatt der Zähne aber trägt das Steigrad Stifte, deren Querschnitt ein Halbkreis ist und die sich senkrecht auf der Ebene des Steigrades erheben. Der Halbmesser der Grundkreise dieser Stifte bleibt etwas hinter der Dicke der Ankerhaken P und P' zurück. Der Radius der Ruheflächen kann kleiner wie der des Steigrades genommen werden.



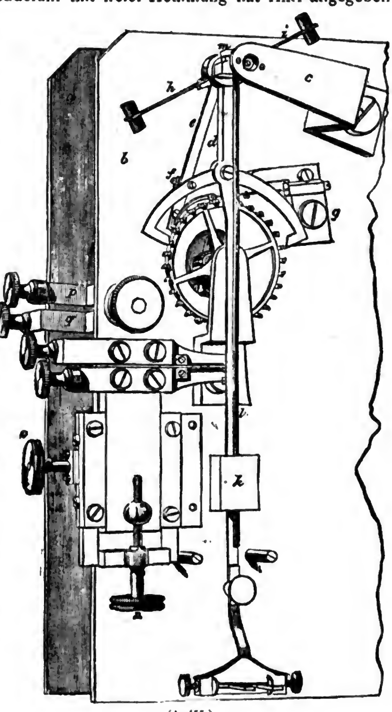
(A. 454.)

Hat nun das Pendel seine äusserste Lage nach links erreicht. so liegt ein Stift auf der Ruhefläche $a_1 b_1$ auf, an der er, indem das Pendel wieder nach rechts schwingt, während der Zeit $\frac{1}{2}\tau$, hingleitet, bis er mit Beginn der Zeit τ_2 an die Hebefläche $b_1 d_1$ gelangt und daran hingleitend dem Pendel den nötigen Antrieb ertheilt. Am Ende dieser Zeit trifft er auf die Ruhefläche ab, die so liegen muss, dass die Zeit τ_3, an deren Schluss die freie Bewegung des Steig-

rades aufhört, sehr kurz ist und beim Auflegen des Stiftes auf ab nun wieder die doppelte Zeit $\frac{1}{2}\tau$ beginnt.

5) Die freie Hemmung. Bei den freien Hemmungen wird zwischen das Pendel und das Steigrad ein Hilfsmechanismus eingeschaltet, dessen Bestimmung es ist, während des grössten Theiles der Hemmungsdauer τ, die Schwingung ganz frei geschehen zu lassen, so dass die Reibungsarbeit auf ein Minimum zurückgeführt wird. Lässt man dann noch anstatt der mehr oder weniger veränderlich wirkenden Hauptbetriebskraft des Pendels eine davon abgeleitete constante Hilfskraft seinen Anstoss besorgen, so erhält man die freie Hemmung mit constanter Kraft.

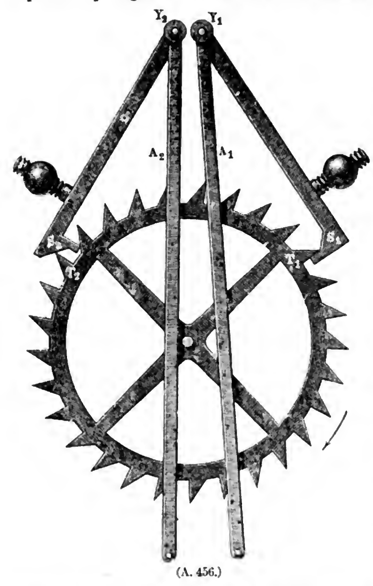
Namentlich bei den grossen Ausschlagswinkeln der Unruhen wird die freie Hemmung mit Vortheil angewendet, doch ist sie auch bei Pendeluhren im Gebrauch. Eine astronomische Pendeluhr mit freier Hemmung hat Airy angegeben und sie von E. Dent & Comp. in London für die Sternwarte in Greenwich bauen lassen, wo sie 1871 aufgestellt worden ist. Das Pendel dieser Uhr ist während seiner Schwingungszeit frei bis auf einen Theil jedes Mal der zweiten Sekunde, während welcher es seinen Antrieb erhält. Es tickt also während zweier Secunden nur einmal. Soweit es zum Verständniss ihres Ganges nöthig ist, sind in Fig. 455 die dafür in Betracht kommenden Theile dargestellt. Das Pendel selbst ist fortgelassen, aber die Gabel, welche es führt, ist sichtbar. Mit ihr steht der Anker in Verbindung, dessen Form nichts Besonderes bietet. Seine Axe wird durch die Lagerplatte c gehalten. Diese trägt ausser dem Ankerstab d auch noch einen Arm e, welcher bei f mit dem linken Arm des Ankers verbunden ist. Das Metallstück g dient zum Halten eines nach links vorspringenden und am äussersten Ende gekrümmten Sperrhakens, der in der Nähe des obersten Theils des Steigrades einen Zapfen zum Anhalten des Rades besitzt, dann aber in eine Feder ausläuft, welche ausserordentlich leicht nachgiebt. Das Pendel schwingt demnach von rechts nach links vollkommen frei, bis ein Stift am Ende des Armes e den Sperrhaken aushebt. Dadurch kann das Steigrad dem Zuge des Gewichtes folgen und der zunächst über dem Anker-



(A. 455.)

haken auf der linken Seite stehende Zahn fällt in der Weise, wie es die Figur zeigt auf ihn herab und giebt dem Pendel den nöthigen Kraftantrieb. Der Zapfen aber hält das Rad sofort wieder an und das Pendel beendet seine Schwingung nach links. Nach rechts zurückschwingend gleitet es an der Feder vorbei, ohne den Sperrhaken auszuheben und den nächsten Ersatz an lebendiger Kraft erhält es erst wieder, wenn es abermals nach links schwingt. Der Ankerhaken auf der rechten Seite dient also nicht zur Hemmung, sondern nur als Sicherheitshaken für die Zeit, während welcher der andere Haken nicht in das Rad eingreift.

6) Die freie Hemmung mit constanter Kraft, welche MUDGE angegeben hat, zeigt Fig 456. Der Anker besteht aus zwei Stücken; die die Haken S_1 und S_2 tragenden Arme sind von einander getrennt und mit den mit ihnen fest verbundenen Armen A_1 und A_2 versehen. Sie sind um die Axen Y_1 und Y_2 drehbar. Das Pendel schwingt frei zwischen den beiden am untern Ende der Stäbe befindlichen Stiften. In dem in der Figur dargestellten Zeitpunkte bewegt es sich nach rechts und hebt, wenn es gegen den Stift am Arme A_1 stösst, den Zahn S_1 aus den Zähnen des Steigrades heraus. Der Arm A_1 hat seine Stellung eingenommen, nachdem der Zahn T_1 an der schiefen Ebene seines Hakens S_1 heruntergleitend an deren unterem Ende in Ruhe gekommen war. Das Steigrad dreht sich nun in der Richtung des Pfeiles und treibt dabei den Haken S_2 soweit nach aussen, bis der Zahn T_2 am Ende der schiefen Ebene S_2 angekommen ist, so den Stab A_2 etwas hebend. Indem sich aber nun das Pendel wieder nach links wendet, folgt ihm der Stab A_1 und treibt es in seine Ruhelage. Sobald es diese wieder überschritten hat, trifft es auf den Stab A_2 und löst dadurch $S_2 Y_2$ aus, indem es gleichzeitig den Stab A_2 zur Seite drängt. Zurückfallend treibt dieser es wieder nach rechts und so wiederholt sich der Vorgang immer von Neuem.

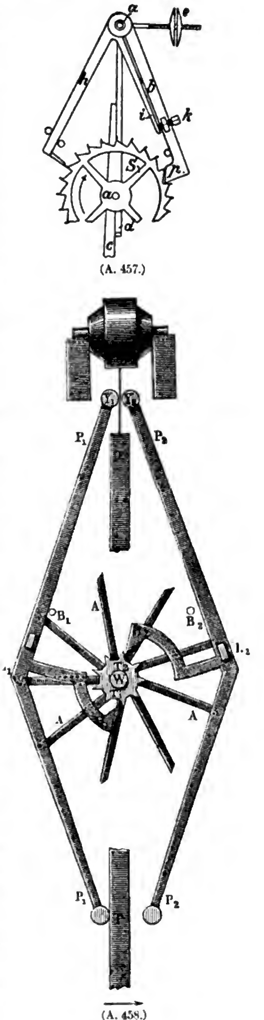


(A. 456.)

In einfacherer Weise sucht F. W. RÜFFERT[1]) die nämliche Aufgabe zu lösen. Seine freie Pendelschwingung mit stetiger Kraft ist aus Fig. 457 ersichtlich. Um die Axe *a* drehbar befestigt ist zunächst das dem Pendel den Antrieb ertheilende System, welches aus den Armen *d* und *b* und dem durch eine Schraube verstellbarem Gewichte *e* besteht. Mit ihm nicht in Verbindung steht

[1]) Deutsches Reichspatent No. 52868 vom 4. Dec. 1889. Vergl. Zeitschrift für Instrumentenkunde 1891. XI., pag. 75.

der ebenfalls um *a* drehbare Hemmarm *h*, der mit dem Hebel *i* ein Ganzes bildet. Schwingt nun das Pendel, dessen oberer Theil *c* in der Figur sichtbar ist und das mit keinem der beschriebenen Theile in Verbindung steht, nach links, so erhält es seinen Antrieb durch das Eigengewicht des auf ihm ruhenden Armes *d*, durch das des Armes *b* und das Gewicht *e*. Dabei stösst die Schraube *k* gegen den Hebel *i*, drängt ihn zur Seite und hebt dadurch den Hemmarm *h* vom Steigrad ab, dessen einen Zahn er an einer kleinen, an diesem befindlichen Rast aufhielt. Das Steigrad dreht sich in der Richtung des Pfeiles und hebt an der schiefen Fläche *p* des Armes *b* diesen und die mit ihm zusammenhängenden Theile, während das Pendel frei weiter schwingt. Die Hebung findet dadurch ihr Ende, dass sich die wirkende Zahnspitze auf eine kleine Stufe der Neigungsfläche *p* legt. Schwingt alsdann das Pendel wieder nach rechts, so nimmt es *d* mit und hebt *b* vom Steigrad ab, das aber wieder durch *h* gehemmt wird, bis sich die beschriebenen Vorgänge wiederholen.



(A. 457.)

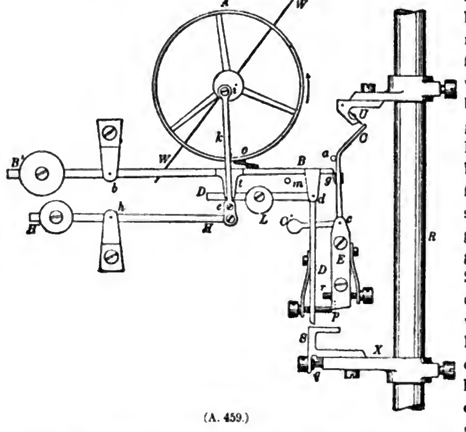
(A. 458.)

Bei der Hemmung von MUDGE kann es vorkommen, dass die Haken *S* zu weit nach aussen getrieben werden und ihre radialen Flächen alsdann die Zähne des Steigrades nicht mehr aufzuhalten im Stande sind. Dieser Uebelstand will die in Fig. 458 dargestellte Hemmung von BLOXAM[1]) dadurch vermeiden, dass das Ausheben der in das Rad eingreifenden Haken nicht unmittelbar durch das Pendel, sondern durch ein kleines auf der Axe des Steigrades sitzendes Rädchen bewirkt wird. Die schwingenden durch ihr Gewicht das Pendel antreibenden Stäbe P_1 P_2 tragen je zwei Zapfen L_1 und L_2 an ihrer inneren Seite, welche durch eines der neun etwa ½ Zoll langen auf der Steigradaxe sitzenden Zähne *A* angehalten werden. Ausserdem tragen die Stäbe P_1 und P_2 zwei rechtwinklig gebogene mit spitzen Haken versehene Arme H_1 und H_2, welche die dreieckigen Zähne des Rädchens T_1 T_2 festhalten, wenn die Stäbe P_1 P_2 sich nach innen bewegen. Schwingt nun das Pendel *P* nach links, so drückt es den Stab P_1 zurück, dessen Zapfen L_1 denjenigen der Arme *A*, welcher mit der äussersten Spitze an ihm anlag, frei lässt und indem es zugleich die Platte H_1 aus den Zähnen des Rades T_1 T_2 aushebt, der Axe *W* sich zu drehen gestattet.

[1]) LOCKYER, a. a. O., pag. 222.

Schwingt nun, wie in der Figur, das Pendel wieder nach rechts, so folgt ihm, es antreibend, der Stab P_1 bis einer der Arme A auf den Zapfen L_2 sich auflegt. Dabei hat das Rädchen $T_1 T_2$ den Haken H_2 und mit ihm den Arm P_2 und den Zapfen L_2 soweit zurückgedrückt, dass die geringste Bewegung des Armes P_2 nach rechts den Arm A loslässt. Diese bewirkt aber das an seiner äussersten Lage auf der rechten Seite ankommende Pendel und das eben beschriebene Spiel des Stabes P_1 wird nur von dem Stabe P_2 ausgeführt; dabei schwingt das Pendel wieder von P_2 angetrieben nach links und der auseindergesetzte Vorgang wickelt sich von Neuem ab. Bei jeder Pendelschwingung rückt die Uhr um 1 Secunde vor.

Den Zweck, dem Pendel, wie es die Theorie fordert, in der Mitte seines Schwingungsbogens durch die Schwere allein unabhängig vom Räderwerk einen Antrieb zu ertheilen, erreicht C. A. Young bei der im Observatorium zu Princeton N. J. aufgestellten Normaluhr in ganz anderer, in Fig. 459 dargestellter Weise. Die Uhr, welche von der Howard Clock Co. ausgeführt worden ist und sich vorzüglich bewärt hat, schildert der Mechaniker D. Appel[1]) an der Hand der Figur, bei deren Darstellung der Beobachter als hinter der Uhr stehend angenommen wurde, in folgender Weise: »In der gezeichneten Stellung arretirt der Sperrhebel $B'B$, drehbar bei b, das Hemmungsrad A, welches für jeden Antrieb einen vollen Umlauf macht, bei o, und ist selbst gefangen und vor allem Herabfallen gesichert bei g durch den Vorfallhebel $C'C$, welcher sehr empfindlich bei c gelagert ist und sich gegen den justirbaren Stift a lehnt. Das Pendel R ist dargestellt, wie es sich von der linken her der verticalen nähert. Der Auslöser U, ganz ähnlich der Sperrklinke des gewöhnlichen Chronometers, ist eben im Begriffe, das obere Ende des Vorfallhebels zu berühren. Indem sich das Pendel noch weiter bewegt, schiebt der Auslöser den Vorfallhebel nach rechts und gleitet darauf über ihn hinweg, so dass derselbe völlig frei wird; bevor dies jedoch geschieht, wird der Sperrhebel $B'B$ bei g ausgelöst und fällt, theilweise durch das Gewicht B' entlastet, auf den festen Stift m.



(A. 459.)

Indem er fällt, nimmt er den Antriebhebel DD, drehbar bei d und belastet mit dem Gewicht L, mit sich. Inzwischen hat sich der Winkel S, am Arme X durch die Schraube q justirt, so weit nach rechts bewegt, dass das untere Ende des Antriebhebels während des Fallens zur linken von S herabsinkend, eben passiren kann; sobald nun die Schraube p von dem Stein am unteren Ende

[1]) Zeitschrift für Instrumentenkunde. 1887. VII 29.

des festen Trägers *E*, gegen den sie sich bislang stützte, abgleitet, wird das untere Ende des Antriebhebels augenblicklich unter der Wirkung des Gewichte *L* nach rechts gehen und gegen *S* drückend dem Pendel einen Stoss- oder Antrieb, ertheilen, welcher so lange dauert, bis der Antriebhebel, sich gegen die Schraube *r* lehnt.

Im Augenblicke der Befreiung von *p* wird der Zahn des Hemmungsrades bei *o* ausgelöst und das Rad beginnt seinen Umlauf. Der Windflügel *WW* ist so justirt und seine Form so gewählt, dass der Umlauf nahezu $\frac{1}{8}$ Secunden dauert.

Indem sich das Rad dreht, senkt der Kurbelzapfen *i* noch für einen Augenblick die Kurbelstange *k* und mit ihr den Stift *e* am unteren Ende. Dieser Stift greift unter den Antriebshebel *DD*; sobald inzwischen der Antrieb beendet ist, beginnt der Stift *e* sich zu heben und auf das Ende des Hebels *DD* zu wirken. Er wird zuerst *L* heben, bis *p* genügend zurückgezogen ist, um *E* zu passiren, dann erreicht *e* den Vorsprung *t* am Sperrhebel *B'B*, wirkt gleichzeitig auf diesen und hebt *B'B* den Antriebshebel, und die an diesem hängenden Theile noch weiter mitnehmend, bis etwas über die angegebene Stellung hinaus, um dem Vorfallhebel *C'C* zu gestatten, durch die Wirkung des Gewichtes *C'* seine Stellung wieder einzunehmen. Wenn der Kurbelzapfen *i* seinen oberen toten Punkt passirt hat, wird *B'B* sanft herabgelassen auf den Ruhestein *m* und das Hemmungsrad wird weiter laufen, bis sein Arretirzahn wieder in die Stellung gebracht ist, wie in der Figur.

Der Hebel *H'hH* führt das untere Ende der Kurbelstange *a* und das Gewicht *H'* ist so justirt, dass seine Wirkung fast der während der beiden halben Umläufe des Hemmungsrades aufgewandten Arbeit gleichkommt.

Indem das Pendel nach links zurückkehrt, gleitet der Auslöser *U* über das äusserte Ende des Vorfallhebels ohne merklichen Widerstand und der Kreis ist vollendet. Das Pendel ist demnach während seiner ganzen Schwingung vollkommen frei, ausgenommen den einen Augenblick, wenn es die Ruhelage passirt.«

Erwähnt sei hier auch die von Weiss[1]) in Glogau vorgeschlagene Pendelhemmung mit constanter Kraft, bei der ein sinkendes Gewicht durch Eingriff eines von ihm bewegten kleinen Zahnrades in ein Kronrad den von ihm ausgeübten Antrieb auf das Steigrad überträgt, die Hebung des Gewichtes nach Auslösung einer Sperrung aber durch ein zweites in das nämliche Zahnrad eingreifendes Kronrad, welches von der Gewichtswalze aus angetrieben wird, besorgen lässt.

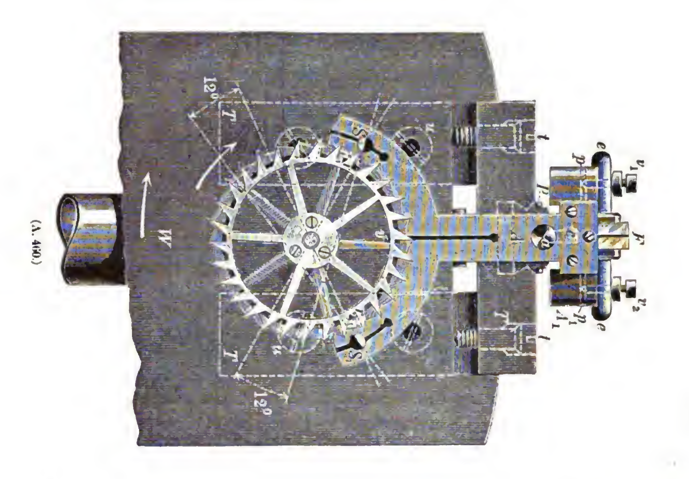
Ein ganz neues Princip hat A. Riefler[2]) bereits 1869 zu einer völlig freien Hemmung verwendet, welches dann im Anfange der achtziger Jahre des 19. Jahrhunderts Groselande in Genf und Petersen in Altona auch auf die Unruheuhren zu übertragen versucht haben. 1889 gab Riefler seiner Hemmung die sogleich zu beschreibende Form und 1890 wandte sie der oben erwähnte Mechaniker Appel zur Bewegung eines Aequatoreals an, nachdem er 1884 wohl selbständig auf die nämliche Idee wie Riefler, gekommen war[3]).

Die Riefler'sche Hemmung, welche die Figuren 460 und 461 in natürlicher Grösse in Vorder- und Seitenansicht darstellt, beruht darauf, dass die Aufhängefeder jeder Pendelschwingung durch das Räderwerk eine kleine Biegung

[1]) Zeitschrift für Instrumentenkunde. 1893. XIII. 433.

[2]) Zeitschrift für Instrumentenkunde. 1892. XII. pag. 164.

[3]) Zeitschrift für Instrumentenkunde. 1892. XII. pag. 19.



(A. 460.)

(A. 461.)

erfährt und hierdurch ein wenig gespannt wird[1]). Diese Spannkraft der Pendelfeder ertheilt dann dem Pendel den Antrieb. Da somit das Pendel mit dem Uhrwerk nur durch die Aufhängefeder in Verbindung steht, so schwingt es vollkommen frei.

»*TT* ist ein an der rückseitigen Werkplatine *W* der Uhr durch 4 Schrauben *uu* festgeschraubter kräftiger Träger aus Metallguss«, so beschreibt RIEFLER eine Uhr, »in welchem die beiden Lagersteine *PP* befestigt sind, deren ebene Oberflächen, zwischen denen die Pendelaufhängung hindurch geht, zusammen in einer horizontalen Ebene liegen. Auf dieser Ebene liegt die Drehungsaxe *aa* des Ankers *A*, welche durch die Messerschneiden der Stahlprismen *cc* gebildet ist. Die für den ordnungsmässigen Eingriff des Ankers in die Gangräder *H* und *R* erforderliche Richtung erhält die Drehungsaxe des Ankers durch die Körnerspitzen der Schrauben KK_1, welche jedoch, wenn das Pendel *B* eingehängt ist, ein wenig zurückgeschraubt werden, damit sie das freie Spiel des Ankers nicht beeinträchtigen. *F* ist die auf das Ankerstück A_1A_1 aufgesetzte Pendelaufhängung mit der Pendelfeder *ii*, deren Biegungsaxe genau mit der Drehungsaxe *aa* des Ankers zusammenfällt. Das Gangrad ist ein Doppelrad und besteht aus dem Hebungsrad *H* und dem etwas grösseren Ruherad *R*. Die Zähne hh_1 des ersteren bewirken mit ihren schrägen Flächen die Hebung, die Zähne rr^1 des letzteren bilden mit ihren radialen Flächen die Ruhen. *S* und S_1 sind die Hebe- und zugleich Ruhepaletten des Ankers. Dieselben sind cylindrisch jedoch am vorderen Ende bis zur Cylinderaxe abgeflacht. An der Cylinderfläche findet die Hebung des Ankers durch die Zähne des Hebungsrades *H* statt, an den ebenen Flächen erfolgt die Ruhe durch die Zähne des Ruherades *R*.

Das Spiel des Echappements ist nun folgendes: Fig. 460 stellt dasselbe in dem Momente dar, in welchem das Pendel sich in der Ruhelage befindet und der Zahn *r* des Ruherades auf der ebenen Fläche der Palette *S* aufruht. Schwingt nun das Pendel in der Richtung des Pfeiles nach links aus, so bleibt die Pendelfeder *ii* zunächst noch gerade gestreckt und die Schwingung findet anfänglich um die Schneidenaxe *aa* des Ankers statt. Der Anker *A* wird, weil er durch die Pendelfeder *ii* mit dem Pendel in Verbindung steht, diese Schwingung des Pendels soweit mitmachen, bis die Zahnspitze des Ruheradzahnes *r* von der Ruhefläche der Palette *S* herabfällt. — Das Pendel hat bis dahin einen Bogen (Hebungsbogen) von etwa $\frac{1}{4}^\circ$ zurückgelegt. — In diesem Moment ist die Cylinderfläche der Palette S_1 an den Hebezahn *h* des Hebungsrades bis auf den erforderlichen Spielraum herangerückt, die Räder drehen sich in der Pfeilrichtung, bis der Ruhezahn r_1 auf der ebenen Fläche der Palette S_1 aufliegt und der Hebungszahn *h* bewirkt während dieser Drehung die Hebung, d. h. derselbe drängt die Palette S_1 zurück und bewegt dadurch den Anker in der der Pendelschwingung entgegengesetzten Richtung. Durch diese vom Räderwerk bewirkte Drehbewegung des Ankers hat die Pendelfeder *ii* eine kleine Biegung um die Schwingungsaxe *aa* und damit eine geringe Spannung erfahren, welche dem Pendel den Antrieb ertheilt. Das Pendel folgt jedoch nicht sofort der antreibenden Kraft, sondern vollendet zunächst seine Schwingung nach links, nunmehr um die Biegungsaxe der Pendelfeder schwingend, wobei

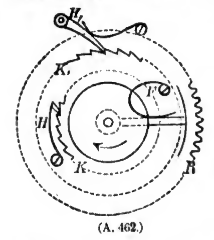
[1]) S. RIEFLER. Die Präcessionsuhren mit vollkommen freiem Echappement und neuem Quecksilbercompensationspendel, sowie die Regulirung und Behandlung derselben. München 1894. XII, pag. 21 ff.

der Anker in Ruhe bleibt. Der betreffende Ergänzungsbogen beträgt bei astronomischen Uhren 1° und bei Turmuhren $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{8}$° nach jeder Seite hin. Bei der Rückkehr des Pendels wird, nachdem dasselbe die Ruhelage nach rechts überschritten hat, der inzwischen auf S_1 aufgeruhte Zahn r_1 frei und eine neue Hebung findet auf der andern Seite durch den Zahn h_1 statt.«

Ueber einige Theile der RIEFLER'schen Uhr sei dann noch bemerkt, dass die conische Schraube v_1 zur Einstellung der Weite des Ankers, die Schrauben *tt* die Tiefe des Ankereingriffes in die Gangräder ändern lassen, dass die Schrauben $v_1 v_2$ dazu dienen, die Biegungsaxe der Pendelfeder *ii* mit der Schneidenaxe in verticaler und horizontaler Richtung zusammenfallen zu lassen. Die Compensation des Pendels dieser Uhr ist bereits oben beschrieben worden.

Der Antrieb. Die treibende Kraft, welche das Pendel in dauernder Bewegung hält, ist entweder die in kinetische umgesetzte potentielle Energie eines gehobenen Gewichtes oder einer gespannten Feder, oder die Kraft, mit der ein erregter Elektromagnet seinen Anker anzieht. Die letztere kann man zur Hebung des Gewichts oder zur Spannung der Feder benutzen oder ohne weiteres auf das Pendel einwirken lassen.

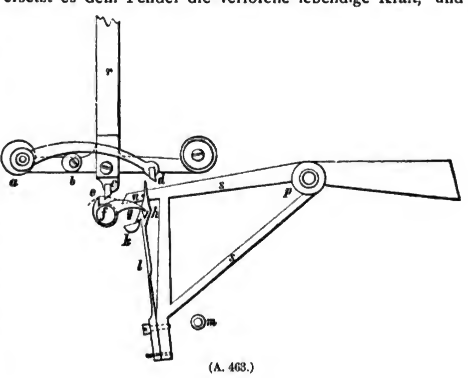
1) Auf mechanischem Wege gehobenes Gewicht oder gespannte Feder. Die Aufziehvorrichtungen. Das die Triebkraft liefernde Gewicht muss von Zeit zu Zeit wieder gehoben, die ebenso wirkende Feder gespannt werden, wenn die Uhr im Gange bleiben soll; die Uhr muss aufgezogen werden. Sie bedarf dazu einer Vorrichtung, welche sich nach einer Seite leicht in Bewegung setzen lässt, nach der andern nur langsam ihre Wirkung entfaltet. Zugleich aber darf das Aufziehen die Wirkung von Gewicht oder Feder nicht unterbrechen. Den zu diesem Zwecke von HUYGENS erdachten Mechanismus haben wir bereits kennen gelernt. Wenn er seinen Zweck auch gut erfüllt, so übertrifft ihn die Gegensperre HARRISON's darin, dass sie auch für Federuhren gebraucht werden kann, und ist deshalb jetzt meist in Verwendung. Ihre Einrichtung lässt Fig. 462 erkennen. Sie besteht aus den beiden Klinkrädern K und K_1, deren Zähne einander entgegengerichtet sind und welche lose auf der Welle der Gewichtswalze sitzen. In derselben Weise bewegt sich das Triebrad auf der nämlichen Welle. In die Verzahnungen der Klinkräder K und K_1 greifen die Klinken H und H_1, von denen die erste auf K_1, die zweite am Uhrgestelle befestigt ist. Ebenso ist die Feder F, die gegen einen Vorsprung am Triebrad drückt, auf K_1 angeschraubt. Anstatt einer einzigen solchen Feder kann man auch mehrere auf K_1 symmetrisch vertheilte ihre Wirkung ausüben lassen. Das gehobene Gewicht oder die gespannte Feder suchen nun K im Sinne des Pfeiles zu drehen. Den von ihnen ausgeübten Zug überträgt H auf K_1, dieses durch Vermittelung von F auf R, während H_1 der Bewegung kein Hinderniss entgegensetzt. Wird auf ein auf der Axe von K angebrachtes (nicht gezeichnetes) Vierkant der Uhrschlüssel oder eine Kurbel aufgesetzt, und damit K im entgegengesetzten Sinne gedreht, so gleitet nunmehr H auf den Zähnen von K, während K_1 durch H_1 festgehalten wird. Die Spannung der Feder F wirkt während der kurzen Zeit, die das Aufziehen in Anspruch nimmt, anstatt der ausser Wirksamkeit gesetzten Triebkraft auf die Uhr und verhindert ihr Stehenbleiben.



(A. 462.)

Aufziehvorrichtungen mittelst eines Wassermotors, dessen Speisehahn zur geeigneten Zeit selbstthätig geöffnet wird, wie sie sich MAYRHOFER[1]) hat patentiren lassen, kommen bei astronomischen Uhren schwerlich in Betracht. Ebensowenig dürfte die beim Oeffnen und Schliessen der Thür des Uhrkastens sich bethätigende Aufziehvorrichtung, die SCHEINBERGER[2]) erdacht hat, in Anwendung genommen werden, da die dazu sich als nothwendig erweisende Complication des Aufziehmechanismus schwerlich im Verhältniss zu dem erreichten Zuwachs an Bequemlichkeit stehen dürfte.

2) Antrieb durch ein mit Hilfe von Elektricität gehobenes Gewicht. Ein solcher wird benutzt bei der Pendeluhr der Stockholmer Sternwarte, welche 1877 nach der Idee des 1875 verstorbenen THEORELL ausgeführt worden ist. Die Triebkraft liefert ein an einem Seidenschnürchen befestigtes kleines Gewicht von 4 *g*, welches der Elektromagnet jede Secunde einmal hebt. Wieder niederfallend ersetzt es dem Pendel die verlorene lebendige Kraft, und so bedarf die Uhr keines Steigrades. Fig. 463 führt in natürlicher Grösse den diesen Zweck verwirklichenden Mechanismus vor[3]). Das Pendel selbst ist nicht dargestellt, wohl aber der Pendelführer *r*, welcher in dem Steine *c* endigt. Er trägt ein Querstück, in welchem die Axe des bogenförmigen Hebels *ad* gelagert ist. An seinem Ende mit dem Steine *d* versehen, wird es durch die Stütze *b* in passender Höhe gehalten.



(A. 463.)

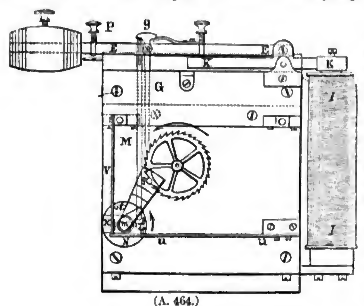
Während nun das Pendel sich von links nach rechts bis zu der in der Figur dargestellten Ruhelage bewegt hat, ist der Stein *d* an der über *h* befindlichen Stütze hingeglitten, ohne dass eine Aenderung in der Lage der Theile des Mechanismus eingetreten wäre. Schwingt aber das Pendel wieder nach rechts, so stösst der Stein *d* gegen die Spitze über *h* und drängt diese zur Seite, dabei den nasenartigen Vorsprung *g* der Axe *f* die Stütze *h* entziehend. Um *f* ist das das Gewicht tragende Schnürchen gewunden und dieses dreht nun *f* im Sinne des Uhrzeigers, wobei der Vorsprung *e* gegen *c* stossend dem Pendelführer *r* seinen Antrieb ertheilt. Zugleich ist der links an *l* befindliche Haken seiner Stütze *k* beraubt, und dadurch fällt der um die Axe *p* drehbare Rahmen *ss* so weit herab, bis der feste Stift *k* seine Bewegung hemmt. Sobald diese Lageänderung eingetreten ist, schliesst ein auf *f* angebrachter Contact den Strom, der nun durch Vermittlung eines Elektromagneten *ss* wieder an seine frühere

[1]) Deutsches Reichspatent No. 47731 vom 12. Aug. 1888.
[2]) Deutsches Reichspatent No. 51522 vom 25. Juli 1889.
[3]) LINDHAGEN, Zeitschr. für Instrumentenkunde 1881 I, pag. 117.

Stelle hebt, sodass das Spiel von Neuem beginnen kann. Der Stift *n* sorgt dafür, dass der Haken der Feder *l* immer gleich weit über die Stütze *k* greift.

Da der beschriebene Vorgang immer nur dann abläuft, wenn das Pendel nach rechts schwingt, in jeder Secunde aber einmal eintreffen soll, so muss das Pendel, was freilich nicht vortheilhaft ist, ein Halbsecundenpendel sein. Die Uhr ist unter einer Glasglocke auf einem besonderen Pfeiler in einem verschlossenen Kellergewölbe der Stockholmer Sternwarte, in dem die Temperatur sich nur wenig ändert, aufgestellt; der durch das Pendel in jeder Secunde geschlossene Strom wird um einen im Beobachtungssaale befindlichen Elektromagneten geführt, dessen Anker die vor dem Zifferblatt einer Uhr sich bewegenden Zeiger in Bewegung setzt.

Bei der auf dem nämlichen Princip beruhenden Uhr von Geist in Würzburg[1]) trägt die Pendelstange auf der einen Seite einen nasenartigen Fortsatz, der, wenn das Pendel so schwingt, dass er vorwärts bewegt wird, am Ende seiner Elongation angekommen, einen federnden Haken zurückdrückt und dadurch ein am einen Ende eines zweiarmigen Hebels befestigtes Gewicht frei giebt. Dieses sinkt nun herab und drückt dabei ein leicht drehbares Rädchen auf den leicht gekrümmten oberen Teil des nasenartigen Fortsatzes. Indem das Rädchen darüber hinrollt, ertheilt es dem nunmehr rückwärts schwingenden Pendel den gewünschten Antrieb, während ein am andern Arme des Hebels angebrachtes verschiebbares Gewicht, das mit gehoben werden muss, die Stärke des ausgeübten Antriebes regelt. Ist das Pendel, rückwärts schwingend, am andern äussersten Punkt seiner Elongation angelangt, so kommt der es mit der Pendelfeder verbindende Stift mit einer Contactfeder in Berührung und schliesst dadurch den Strom einer Batterie, in den die Pendelfeder, die Contactfeder und ein Elektromagnet eingeschaltet sind. Den Anker dieses Elektromagneten bildet das Gewicht, welches herabfallend dem Pendel seinen Antrieb ertheilt, er hebt es und ein an ihm befindlicher Stift schnappt in den federnden Haken ein, der es so lange hält, bis es das wieder vorwärts schwingende Pendel abermals frei macht, das beim Beginn dieser Schwingungsrichtung den Contact wieder unterbrochen hatte. Der schwache Punkt dieser Einrichtung dürfte der Contact sein, für dessen Reinhaltung keine Vorsorge getroffen ist.



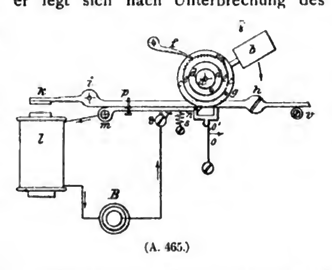
(A. 464.)

Im Gegensatze zu den vorgeführten Constructionen dient das mit Hülfe eines Elektromagneten gehobene Gewicht bei den Anordnungen von Schweizer und Winbauer dazu, eine Feder zu spannen und sie so zu befähigen, immer mit der nämlichen Kraft auf das Pendel, es antreibend, zu wirken. Schweizer[2]) führte sein Uhrwerk zuerst auf der Pariser Ausstellung vom Jahre 1881 vor. Den elektrischen Theil seiner Uhr zeigt Fig. 464. Die in der Figur nicht sichtbare zu spannende flache Stahlfeder sitzt mit dem einen Ende

[1]) Tobler, Die elektrischen Uhren. Wien 1883, pag. 85.

[2]) Journal Telegraphique 1882, pag. 167, vergl. Tobler a. a. O., pag. 87.

auf der Hauptaxe des Uhrwerkes fest, mit dem anderen drückt sie gegen einen Stift, welcher auf der Stirnfläche eines mit dem in der Mitte der Figur sichtbaren Sperrad auf derselben Axe befindlichen Rades angebracht ist. Wird nun das Rad, gegen welches sich die Feder stützt, in bestimmten Zwischenräumen gegen ihr Ende hin bewegt, so wird ihr die durch Drehung der Axe des Uhrwerks verlorene Spannung wieder ertheilt. Das besorgt der in der Figur dargestellte Mechanismus. In das Sperrad greift der Arm *G*, dessen hakenförmiges Ende vor einem seiner Zähne liegt. Auf *G* wirkt das Gewicht *P*, das am Ende des zweiarmigen Hebels *EE* befestigt ist und sucht das Sperrad in der Pfeilrichtung zu drehen. Ist das Gewicht aber bis in eine bestimmte Lage herabgegangen, so hört seine Wirkungsfähigkeit auf und es erhält sie erst durch eine erneute Hebung wieder. Um diese zu bewerkstelligen ist neben *G* eine zweite Stange *M* an den Hebel *EE* eingelenkt, welche mit einem Kurbelarm der um die Axe *m* drehbaren Scheibe *N* verbunden ist. Beim Herabsinken des Gewichtes dreht sich die Scheibe *N* im Sinne des Uhrzeigers. Dabei bewegt sich der ebenfalls an *N* befestigte Stift *t* nach rechts und lässt die gegen ihn anliegende Contactfeder *V* los, die er so weit nach links gedrängt hatte, dass ihr unteres Ende vor dem Ende der zweiten Feder *u* lag. So lange nun aber die auch an *N* befestigte Schraube *S* nicht *u* herabdrückt, kann sich *V* nicht nach rechts bewegen und den Contact *x* nicht schliessen. Tritt dies endlich bei fortgesetzter Drehung von *N* ein, so zieht der nunmehr durch den Strom erregte Elektromagnet *J* den am kurzen Ende von *EE* sitzenden Anker *K* an und hebt mit dem Gewicht die Stangen *M* und *G*. Dadurch wird die Scheibe *N* im Sinne des Pfeiles gedreht, *t* drückt die Contactfeder *V* so weit zur Seite, dass *u* der Schraube *s* folgen kann und nachdem der Contact unterbrochen worden ist, der frühere Zustand wieder hergestellt wird. Während das Gewicht gehoben wird, gleitet der Arm *G* über einige Zähne des Rades, in welche er eingreift, hinweg, und strebt nunmehr, es wieder in der Pfeilrichtung zu drehen. Der mit *N* verbundene Stift *g* ist während der Drehung der Scheibe *N* von dem auf der Axe des von *G* gehemmten Rades sitzenden in Fig. 464 sichtbaren Sperrades abgehoben gewesen; er legt sich nach Unterbrechung des Stromes wieder hinein und verhindert so, dass das die Feder spannende Rad sich in dem der Pfeilrichtung entgegengesetzten Sinne drehen kann.



(A. 465.)

Die Uhr von Winbauer[1]) wurde 1883 durch die Wiener elektrische Ausstellung bekannt. Fig. 465 zeigt die Anordnung der für uns in Betracht kommenden Theile. Die das Pendel in Bewegung haltende Spiralfeder aus Stahl liegt in dem Gehäuse *d*, mit dem ihr eines Ende fest verbunden ist, während ihr anderes an die Steigradaxe *a* angreift. Ebenso bilden Gehäuse und Zahnrad *e* ein Stück, welches wie die das Gewicht *b* tragende Scheibe *c* lose auf der Axe *a* aufsitzt. Da die am Gestell befestigte Klinke *f* das Zurückgehen des Rades unmöglich macht, so würde die Feder während des Ganges der Uhr ihre

[1]) Klein, Bericht über die internationale elektrische Ausstellung in Wien 1883. Wien 1885, pag. 315.

Spannung langsam verlieren, wenn nicht das herabsinkende Gewicht, welches durch Vermittlung der auf der Scheibe *c* gelagerten Klinke das Gehäuse im Sinne des Pfeiles zu drehen sucht, für ihre Erneuerung sorgte. Das würde aber aufhören, wenn das Gewicht an seinem tiefsten Punkt angekommen, dort verharrte. Es jedes Mal wieder emporzuheben, ist die Aufgabe des elektrischen Stromes.

Ist das Gewicht nach *h* gekommen, so hat der Stift *g* das gabelförmige Ende der Feder *o* zur Seite gedrückt; dieses lässt den Stift *n* los, der Hebel *mn* sinkt, den Contact *r* schliessend, herab und da der Kopf der Schraube *p* etwas aus *mn* nach unten hervorragt, so hat der bei *i* gelagerte Hebel *kh* seine Lage nicht geändert, thut dies aber nun, nachdem der Elektromagnet erregt worden ist. Sein längerer Arm schnellt empor und schleudert das Gewicht *b* in die Höhe, nimmt dabei durch Vermittlung von *p* auch *mn* mit und unterbricht so den Strom. Zugleich geht die Feder *o* zurück und alles ist wieder in der früheren Verfassung. Der Stromschluss erfolgt alle 5 bis 7 Minuten. Wie bei der Uhr von Schweizer treibt die Feder während der kurzen Zeit, in der sie sich selbst überlassen ist, die Uhr allein weiter. Wenn auch für beide Uhren der Strom von 1 bis 2 Leclanché-Elementen genügt, so empfiehlt sich doch die Anwendung von grösseren, die man besser aber nicht im Sockel der Uhr unterbringt, wie dies vielfach empfohlen worden ist.

Bei der elektrischen Uhr von Menger [1]) wirken zwei hufeisenförmige Elektromagneten auf einen ebenso gestalteten, welcher mit dem Pendel hin- und herschwingt, bei der von Grau [2]) schliessen die Pendelschwingungen in jeder Secunde einen einen Elektromagneten bethätigenden Strom, welcher Elektromagnet dann das Gangwerk treibt. Dieses hebt dabei ein Gewicht, welches frei wieder herabfallend, dem Pendel einen Antrieb ertheilt.

Die Uhren, bei denen der Strom durch Vermittelung von Elektromagneten, aber ohne Mitwirkung von Gewichten eine Feder spannt, die dann wiederum auf das Pendel antreibend wirkt, werden astronomischen Zwecken schwerlich genügen können. Wir beschränken uns darauf, um ihrer ebenso einfachen, wie eigenartigen Contactvorrichtung aus ihrer Zahl die Uhr von Napoli [3]) hervorzuheben. Bei ihr erfolgt bei jeder Umdrehung der Steigradaxe drei Mal der Stromschluss, indem eine Contactfeder, die an einer Stange sitzt, während kurzer Zeit durch das Gewicht der Stange gegen eine zweite Stange gedrückt, sogleich aber auch wieder von ihr entfernt wird. Um dies zu ermöglichen, endigen die Stangen in Haken, welche nebeneinander auf dem Umfang eines mit drei Zähnen versehenen Rades aufliegen. Indem nun die die Contactfeder tragende obere Stange etwas kürzer ist, wie die untere, fällt sie etwas früher herab als diese, und schliesst so den Contact so lange, bis bei weiterer Umdrehung des Steigrades nach ganz kurzer Zeit auch der längere Hebel herabfällt und den Strom wieder unterbricht.

3) Antrieb durch Elekromagneten. Von den Uhren, bei denen das Pendel durch Stromschluss zu verstärkten Schwingungen angetrieben wird, hat die von Mathias Hipp [4]) in Neuchâtel wohl die häufigste Verwendung gefunden.

---

[1]) Deutsches Reichspatent No. 19834. Vergl. Merling, Die elektrischen Uhren. Braunschw. 1886, pag. 103.

[2]) Terling, a. a. O., pag. 101.

[3]) Klein, a. a. O., pag. 318.

[4]) Mobler, a. a. O., pag. 70; Klein, a. a. O., pag. 323; Merling, a. a. O., pag. 84.

Aber ihr Verfertiger hat auch keine Mühe gescheut, sie auf den möglichsten Grad von Vollkommenheit zu bringen und vor allen Dingen für einen dauerhaften Contact zu sorgen. Das Pendel und seine Antriebsvorrichtung zeigen Fig. 466. *L* ist der Pendelkörper, *P* die Pendelstange, unter *L* befindet sich der Elektromagnet *e*, über *L* der Contact $S_1 S_2$. Der Anker *a* ist mit der Pendelstange vereinigt und schwingt über den Polen des Elektromagneten, der erregt das Pendel zu rascherem Schwingen antreibt. Den Stromschluss bewirkt das an der Pendelstange befindliche mit feiner Riefelung versehene Plättchen s_2 und das schneidenförmige Stahlstäbchen s_1, welches an der Stahlfeder *f* um einen feinen Zapfen drehbar aufgehängt ist. Während der Schwingungen des Pendels gleitet die Palette s_1 über die Riefeln von s_2 hin, kann aber nur dann einen Stromschluss geben, wenn sie sich im Augenblick der Umkehr des Pendels darüber befindet. Sind die Elongationen so klein geworden, dass dieser Fall eintritt, so stemmt sie sich gegen die Riefeln und drückt dadurch *f* etwas in die Höhe. *f* verlässt in Folge davon seinen Ruhestift *s* und sein Ende *c* kommt mit der Feder c_1 den Strom schliessend in Berührung, der Elektromagnet wird erregt und wirkt antreibend auf das Pendel ein. Wäre nun aber der Elektromagnet noch eingeschaltet in dem Augenblick, in dem der Strom unterbrochen wird, so würde ein starker, schädlicher Oeffnungsfunken entstehen. Um dies unmöglich zu machen, legt sich, während die Contactstücke *c* und c_1 noch in Berührung sind, die den letzteren tragende Feder auf den Contactstift s_3 und schaltet so einen Draht parallel dem Elektromagneten ein. Durch diesen fliesst also der Strom, während sich *c* und c_1 trennen und das Auftreten eines Oeffnungsfunkens ist vermieden.



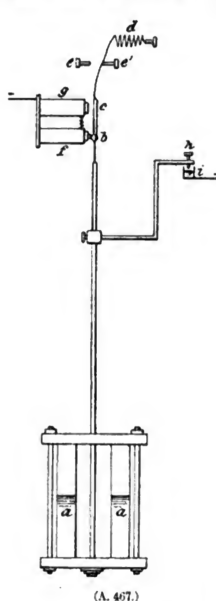
(A. 466.)

Die vorgeführte Einrichtung wird meistens in Verbindung mit dem Halbsecundenpendel verwendet, doch hat HIPP auch ein Secundenpendel für astronomische Uhren angegeben, welches durch den nämlichen Mechanismus in Bewegung gehalten werden kann[1]). Das Pendel ist in einem Glasgehäuse angebracht, welches luftleer gemacht werden kann. Es besteht aus zwei Stahlstangen, welche eine Platte mit compensirendem Quecksilbergefäss tragen. In ihrer Mitte befindet sich der Anker, welcher zwischen den Polen des horizontal gelagerten hufeisenförmigen Elektromagneten schwingt. Er bildet zugleich eine Versteifung der Stahlstangen. Etwas darüber tragen diese einen zweiten Steg, auf welchem die ihre Spitze nach oben richtende Palette gelagert ist. An seinem oberen Ende trägt das Pendel eine Contactvorrichtung, welche bei jeder Schwingung den Strom einer besonderen Batterie in ein Zeigerwerk sendet.

Das HIPP'sche Pendel hat HONISCH[2]) mit ganz geringen Aenderungen beibehalten, während LASSANCE[3]) das Pendel durch die Anziehung des Elektromagneten auf der absteigenden Hälfte seiner Bahn beschleunigen lässt. Um

[1]) TOBLER, a. a. O., pag. 75.
[2]) KLEIN, a. a. O., pag. 327.
[3]) MERLING, a. a. O., pag. 3

dies zu erreichen, lässt er den aus weichem Eisen bestehenden Pendelkörper über einem Elektromagneten schwingen. Während das Pendel nach oben schwingt, ist der Elektromagnet nicht erregt, wird dies aber, sobald das Pendel seine höchste Lage erreicht hat, indem nun eine am Pendelkörper und eine zweite an der Pendelstange angebrachte Contactfeder den Strom schliessen. Der erregte Magnet zieht dann zugleich einen unter dem Pendelkörper gelegenen Relaisanker an, der den Strom geschlossen hält, bis das Pendel seine tiefste Lage erreicht hat. Der thätig bleibende Elektromagnet wirkt dessen Bewegung beschleunigend, auf den Pendelkörper. In dessen tiefster Lage streift aber eine unter ihm angebrachte dritte Contactfeder eine Metallplatte auf dem Relaisanker und schliesst dadurch einen Strom von geringem Widerstand, in dessen Nebenschluss nun der Elektromagnet zu liegen kommt. Der so sehr geschwächte Strom reicht dann nicht mehr hin, den Elektromagnet zu bethätigen, die Relaisfeder reisst den Anker ab und der Elektromagnet wird stromlos. Das bleibt er, bis das Pendel in seine höchste Lage auf der anderen Seite kommt und den Strom wieder schliesst, wobei sich die geschilderten Vorgänge auf dieser Seite wiederholen. So wohl durchdacht und ausgeführt auch LASSANCE's Mechanismus ist, die Schwierigkeit, so viele Contacte sauber zu halten, wird seine Anwendung in den meisten Fällen unmöglich machen.



(A. 467.)

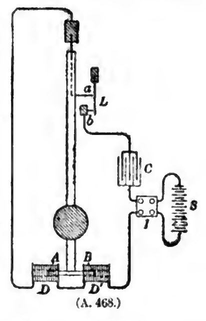
Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Anordnungen bringen die nun noch vorzuführenden den Elektromagneten nicht unter, sondern seitwärts vom Pendel an. Die von JOLY[1]) getroffene zeigt Fig. 467. *aa* sind zwei den Pendelkörper bildende Quecksilbergefässe, *fg* ist der Elektromagnet. Das Pendel ist in gewöhnlicher Weise bei *b* an einer Stahlfeder aufgehängt; bei *bc* oberhalb *b* trägt diese den Anker des Elektromagneten, setzt sich aber dann nach oben fort, wo die Schrauben *e*, *e'* ihre Bewegung begrenzen, während die Feder *d* ihr oberstes Ende fortwährend nach rechts zieht. Schwingt nun das Pendel nach links, so taucht die verstellbare Spitze *h* in das Quecksilbernäpfchen *i*, schliesst dadurch den Strom und veranlasst den Elektromagnet seinen Anker ebenfalls nach links zu ziehen. Dadurch wird aber dem Pendel ein Antrieb nach rechts ertheilt, der es im Gange erhält. Nach Unterbrechung des Contactes, der auf die Dauer indessen kaum brauchbar zu erhalten sein dürfte, reisst die Feder den Anker wieder ab.

EGTS[2]) erreicht den Stromschluss dadurch, dass er einen Stift auf einer vom Pendel unmittelbar in Drehung versetzten Scheibe bei jeder Umdrehung eine Feder stossen lässt. Der Elektromagnet zieht dann seinen Anker an und spannt dabei eine Spiralfeder. Wird der Strom wieder unterbrochen, so schnellt

[1]) KLEIN, a. a. O., pag. 329.
[2]) Deutsches Reichspatent, No. 22325.

durch die Wirkung der Feder der Anker in seine Lage zurück und ertheilt dabei dem Pendel durch Vermittelung eines passend angebrachten Ansatzes einen Stoss.

In ähnlicher Weise suchen SCHNEIDER[1]) und HEROTIZKY[2]) dem Pendel die verlorene lebendige Kraft zu ersetzen, indem sie dafür sorgen, dass eine mit dem Anker eines Elektromagneten verbundene Stange dem Pendel einen Antrieb giebt, wenn es in einer seiner äussersten Lagen sich befindet und sich anschickt umzukehren. Einer solchen Anordnung gegenüber aber betont LIPPMANN[3]), dass sie aus theoretischen Gründen verwerflich sei. Es muss vielmehr erreicht werden, dass das Pendel den neuen Antrieb beim Durchgang durch seine tiefste Lage erhält. Seine Anordnung zeigt Fig. 468. Das Pendel trägt an seinem unteren Ende den permanenten Magneten *AB*, dessen Pole in die Spulen *D* und *D'* hereinragen, je nach der Lage des Pendels abwechselnd mehr in die eine oder in die andere. Der Strom der Batterie *S* geht bei deren Schluss um die Spulen durch den Contakt bei *L*. Die Feder *L* liegt, solange sie nicht gewaltsam davon weggedrängt wird, an dem Stift *b* an. Erreicht das Pendel seine tiefste Lage, so trifft die mit ihm schwingende Contactspitze *a* auf *L* und stellt im Augenblick der Berührung den Stromschluss her, drängt aber dann sogleich die Feder von *a* weg und unterbricht somit sogleich wieder den Strom. Ebenso erfolgt beim Rückgang des Pendels beim Wiederauflegen der Feder auf *b* ein momentaner Stromschluss. Die so erregten Spulen ertheilen somit dem Pendel den Antrieb jedesmal in der günstigsten Lage. Die Einrichtung würde nun den Nachtheil einer starken Funkenbildung haben, wenn nicht ein einfaches Mittel solche völlig unmöglich machte. Dieses besteht in dem Condensator *C*, welcher abwechselnd innerhalb einer Secunde von *S* aus mittelst des Umschalters *J* positiv und negativ geladen wird. Es ist also statische Elektricität, welche sich ausgleicht; die Geschwindigkeit aber, mit der dies geschieht, ist so gross, dass der Ausgleich längst erfolgt ist, wenn die Unterbrechung stattfindet.



(A. 468.)

Nicht sehr zweckmässig dürften die Anordnungen sein, welche die durch den Strom zu magnetischen Wirkungen befähigten Theile am Pendel selbst anbringen. Bei der Uhr von BAIN[4]) und JONES[5]) sind dies Spulen ohne Eisenkerne, welche zwischen den Polen zweier Magnete oder in ihren äussersten Lagen über einen Magneten hinschwingen und im günstigsten Augenblick mit einem so gerichteten Strome versehen werden, dass das Pendel dadurch einen Antrieb erhält.

Ganz eigenartig ist die Construktion von EGGER[6]). Er giebt dem Pendelkörper die Form eines Ringes, in dessen Innern sich zu beiden Seiten zwei stabförmige Elektromagneten und ein permanenter Magnet von derselben Form

---

[1]) Deutsches Reichspatent, No. 43108. Vergl. Zeitschr. f. Instrumentenkunde. 1888. VIII, pag. 335.

[2]) Deutsches Reichspatent, No. 25 123. Vergl. Zeitschr. f. Instrumentenkunde. 1884. IV, pag. 182.

[3]) Comptes rendus. 1896. Bd. 122, pag. 104.

[4]) MERLING, a. a. O., pag. 54.

[5]) MERLING, a. a. O., pag. 37.

[6]) KLEIN, a. a. O., pag. 330.

befinden. Letzterer ist in der Verlängerung der Pendelstange um sein unteres Ende drehbar aufgestellt, erstere lagern zu seinen beiden Seiten. Kurze Zeit nachher, nachdem das Pendel seine äusserste Lage erreicht hat, schliesst einer der beiden in der Nähe des Aufhängepunktes angebrachten Contacte den Strom einer Batterie; dadurch werden die Elektromagnete in solcher Weise erregt, dass dem beweglichen Pole des permanenten Magneten in der Richtung der augenblicklichen Pendelbewegung ein gleichnamiger Pol gegenübersteht, während auf der entgegengesetzten ein ungleichnamiger auftritt. Der obere Theil des Magneten weicht demnach plötzlich in der Richtung der Bewegung aus der Richtung der Pendelstange ab und bewirkt so eine Verschiebung seines Schwerpunktes in derselben Richtung, die wiederum eine verstärkte Bewegung zur Folge hat. Auf der anderen Seite der Ruhelage erfolgen die nämlichen Wirkungen im umgekehrten Sinne. Durch Hemmstangen wird die Bewegung des Magneten eingehalten. Weder die dadurch hervorgerufenen Stösse noch die veränderliche Stärke der Batterie sollen den genauen Gang des Pendels beeinträchtigen.

Nicht nur den Schwerpunkt des Pendelkörpers, sondern das ganze Pendel verschiebt CARPENTIER[1]), um ihm den nöthigen Antrieb zu ertheilen. Das erreicht er durch eine ganz kleine periodische Verschiebung (um 0,02 *mm*) des Aufhängepunktes in horizontaler Richtung. Bewirkt wird diese Verschiebung dadurch, dass das Pendel mittelst eines dünnen Stahlplättchens am Anker einer Art von polarisirten Relais aufgehängt ist, welches ihm die gewünschte Bewegung ertheilt, wenn es periodischen Stromumkehrungen unterliegt. Da deren Periode mit den Schwingungszeiten des Pendels übereinstimmen muss, so lässt CARPENTIER das Pendel selbst den Stromschluss besorgen, vermeidet aber den dabei zu befürchtenden Widerstand, indem er die Wirkung aus der Ferne vor sich gehen lässt. Dazu läuft das Pendel in einen kleinen Magneten aus, der über dem eisernen Commutator hin- und herschwingt. Der Commutator kann sich um einen Zapfen in der Pendelebene etwas drehen und hat die Form eines Bogens. An den Pendelschwingungen nimmt er so in beschränktem Maasse Theil, aber die Schaukelbewegung, in welche er geräth, reicht hin, um abwechselnd die Contacte zu schliessen. Durch Rückwirkungen der magnetischen Anziehungen auf das Pendel kann keine Störung entstehen; sind diese doch radial zu dem Schwingungsbogen gerichtet und können somit nur auf den festen Aufhängepunkt des Pendels wirken.

4) Das conische Pendel. Auch das rotirende Pendel kann man als Regulator einer Uhr verwenden und es ist möglich, dabei das antreibende Gewicht durch einen Luftstrom, wie ihn eine Gasflamme hervorrufen kann, zu ersetzen[2]). Seine rasche Bewegung lässt es auch zur Messung der Bruchtheile von Secunden geeignet erscheinen. Immerhin ist seine Anwendung eine so seltene, dass wir uns hier auf seine Erwähnung beschränken dürfen.

Die Regulirung und Controlle. Die Regulirung der Uhr hat den Zweck, den Gang der Uhr von äusseren Einflüssen so unabhängig wie möglich zu gestalten. Sie setzt die beschriebenen Compensationsvorrichtungen voraus. Sind dieselben so sorgfältig wie möglich hergestellt und ist die Länge des Pendels durch die dazu vorhandenen Schrauben etc. den Verhältnissen angepasst, so muss der Gang der Uhr, wie wir bereits erwähnten, durch astronomische Zeitbestimmungen geprüft werden. Man bestimmt dazu in etwa fünftägigen Intervallen den Stand

[1]) Compt. rend. 1887. Bd. 104, pag. 1785.

[2]) RAAB, Deutsches Reichspatent No. 65348 vom 17. April 1891.

und Gang der Uhr zunächst zur Regulirung der Pendellänge bei mittlerer Temperatur, dann zu der der Compensation bei möglichst wechselnden Temperaturen. Beide Grössen müssen nöthigen Falls entsprechend corrigirt werden. Die Pendellänge ändert man durch die dazu vorhandenen Schrauben. Feinere Aenderungen, die auch während des Ganges anzubringen sind, lassen sich erreichen, wenn man an der Aufhängefeder eine verschiebbare Metallklammer anbringt. Die Mittel zur Aenderung der Compensation sind, wie wir sahen, Wegnahme oder Zugabe von Quecksilber oder Verschiebung eines Querstückes des Rostpendels.

Ist nun aber die Regulirung auch vollständig gelungen, so bleiben doch noch kleine Abweichungen vom regelmässigen Gange, deren Grund man in dem nicht immer gleich bleibenden Einfluss des Räderwerkes auf die Bewegung des Pendels sucht. Um sie genauer kennen zu lernen, ist es wünschenswerth, ihren Gang fortlaufend zu controlliren. Dazu schlägt BIGOURDAN[1]) vor, ihn mit dem eines sich frei bewegenden Pendels zu vergleichen, welches in einem fast luftleer gemachten, Temperaturänderungen nicht unterworfenen Gehäuse schwingt. Ist einem solchen Pendel eine Amplitude von 60 bis 80 Bogenminuten gegeben, so führt es in einem Raum, in dem ein Barometerdruck von 10 *mm* herrscht, während 24 Stunden noch gut zu beobachtende Schwingungen aus und BIGOURDAN hält es für möglich, so unter Berücksichtigung des Einflusses der Amplitude die Unregelmässigkeiten im Gang einer astronomischen Uhr ihrer Grösse nach mit einer Unsicherheit zu bestimmen, die im Laufe des Tages auf höchstens 0,03 Secunden ansteigen würde. Weiter noch geht MENDENHALL[2]), indem er als Pendel ein solches benutzen will, wie man es zur Bestimmung der Schwerkraftbeschleunigung hergestellt hat, dann aber mehrere, etwa drei solcher Pendel anordnet, die sich gegenseitig controlliren. Sie müssten vor ihrer Benutzung auf einer Sternwarte einige Jahre lang geprüft sein und sollten alle paar Jahre mit Hilfe der Coincidenzmethode nachgeprüft werden. E. GERLAND.

Universalinstrument. Für feinere Messungen von Horizontalwinkeln wie dieses in der Geodäsie eine immer wiederkehrende Aufgabe ist, dienen Instrumente, welche dem Wesen nach aus einem grösseren fein getheilten Horizontalkreise bestehen, der mit einem Fernrohre (auf einem oder zwei Ständern montirt) um eine verticale Axe drehbar ist. Solche Instrumente heissen Azimuthalinstrumente oder Theodoliten. Deren Ausführung wird aus Fig. 469 ersichtlich. Auf dem Dreifuss $A_1 A_2 A_3$ erhebt sich in der Mitte eine hohle Säule, welche den Horizontalkreis K trägt. In die Bohrung der Säule passt die cylindrische (oder conische) Verticalaxe, mit welcher die Träger T verbunden sind. In V-förmigen Lagern dieser Träger ruht die horizontale Umdrehungsaxe E des Fernrohres F; auf cylindrischen Zapfen der Drehungsaxe kann das Niveau L aufgesetzt werden, welches vor dem Herabfallen bei den meisten Instrumenten durch eine dasselbe umfassende Gabel geschützt wird, welche an einem der Träger T befestigt ist, und die Libelle zwischen ihren Zinken fasst, ohne deren freie Beweglichkeit aufzuheben. (vergl. die Fig. 471).

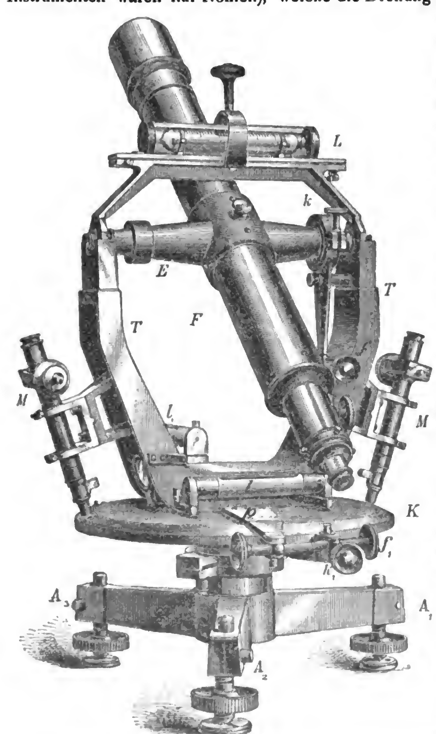
Zur Feststellung und Feinbewegung des Fernrohres in Höhe dient die Klemme k und die Feinbewegungsschraube f.

---

[1]) Compt. rend. 1896. Bd. 122, pag. 513.

[2]) Americ. Journ. of Sciences, 1892. III, Bd. 43, pag. 45. Vergl. Zeitschr. für Instrumentenkunde. 1892. XII. pag. 321.

An den Trägern T sind die Mikroskope M befestigt, und meist zur Ablesung der Grad- und Minutenstriche noch ein Nonius (bei den älteren und kleineren Instrumenten waren nur Nonien), welche die Drehung des Fernrohres mitmachen, und dieselbe am Horizontalkreise abzulesen gestatten. Feststellung und Feinbewegung in horizontaler Richtung wird mittels der mit dem Obertheil durch die Platte p verbundenen Klemme k_1 und Feinbewegungsschraube f_1 bewirkt.



»Nach Ambronn, Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde.«
(A. 469.)

Zur Horizontalstellung des Kreises sind bei dem abgebildeten Instrumente die beiden Libellen l und l_1 mit den Trägern T fest verbunden; die eine Libelle ist in der Richtung der Träger TT angebracht, die zweite senkrecht dazu; zur Correction bringt man die Träger in die Richtung des einen Fusses und corrigirt dann die Stellung des Instrumentes durch die Fussschraube. Die Libellen l und l_1 sind jedoch nicht nöthig und nicht bei allen Instrumenten vorhanden. Die auf der Axe aufgesetzte, sogen. Axenlibelle L kann direkt zu diesem Zwecke verwendet werden. Bringt man die Umdrehungsaxe des Fernrohres und damit die Libelle L in die Richtung der einen Fussschraube A_1 so kann durch entsprechende Drehung der Schraube die (selbstverständlich rectificirte) Libelle zum Einspielen gebracht werden; bringt man dann die Libelle in die Richtung der beiden andern Fussschrauben $A_2 A_3$, so kann man durch entgegengesetzte Drehung dieser beiden Schrauben die Horizontalstellung auch in dieser Richtung herbeiführen, ohne die frühere Correction wesentlich zu alteriren. Durch eine zwei- bis dreimalige Wiederholung dieses Verfahrens wird man die Kreisebene horizontal erhalten.

Bei Messungen von Horizontalwinkeln hat man die Drehung der Träger T an dem Horizontalkreise abzulesen; selbstverständlich braucht die Einstellung auf das erste Object nicht die Lesung 0 zu haben; sind die Lesungen bei Poin-

tirung der beiden Objecte L und L_1, so ist der durchlaufene Winkel $L_1 - L$. Handelt es sich um die Bestimmung von Azimuthen aus Sternbeobachtungen, so erfordert die Einstellung von Sternen ebenso wie beim Passageninstrument (s. dieses) noch einen mit dem Fernrohre verbundenen Verticalkreis und zugehörige, an den Trägern befestigte Nonien.

Zur Erhöhung der Genauigkeit wurden die Instrumente früher auch so gebaut, dass die Grösse des Winkels durch Vervielfältigung desselben bestimmt werden konnte. Bei diesen Instrumenten, den Repetitionstheodoliten, ist der Kreis K nicht direct mit dem Dreifuss verbunden, sondern selbst wieder um dieselbe Axe drehbar, und durch eine Klemme k' und Feinbewegungsschraube f' mit der Axe und dem Dreifuss zu verbinden (in der Figur nicht gezeichnet). Verbindet man mittels der Klemme k' den Kreis K mit der Axe, so kann man durch Drehung des Obertheiles mit dem Fernrohr die Winkelmessung durch aufeinanderfolgende Pointirung des linken und dann des rechten Objectes wie früher vornehmen. Man liest jedoch nunmehr nicht an den Mikroskopen ab, sondern während durch die Klemme k_1 Fernrohr und Kreis verbunden bleiben, wird die Klemme k' gelüftet, und das Fernrohr neuerdings auf das links liegende Object gerichtet, wobei also, da die Klemme k_1 nicht gelüftet wurde, die Mikroskope gegen den Kreis eine unveränderte Stellung behalten haben. Hat man dann mittels der Feinbewegungsschraube f' das Fernrohr F wieder scharf eingestellt, so wird mittels k' der Kreis K an der Axe befestigt, und nunmehr nach Lüftung der Klemme k_1 das Fernrohr F wieder auf das rechtsgelegene Object gerichtet, und mit Hülfe der Klemme k_1 und Feinbewegung f_1 scharf eingestellt. Die Mikroskope M haben dann an dem Horizontalkreise den Winkel zwischen den beiden Objecten ein zweites Mal durchmessen. Würde man jetzt ablesen, so erhielte man den doppelten Winkel. Durch abwechselnde Benützung der Klemmen k_1 und k' kann man dieses Verfahren beliebig oft wiederholen, wobei die Mikroskope M den Winkel zwischen den beiden Objecten n-mal durchlaufen werden. $L' - L$ ist dann der n-fache Winkel, wenn L' die Lesung nach der letzten Repetition ist.

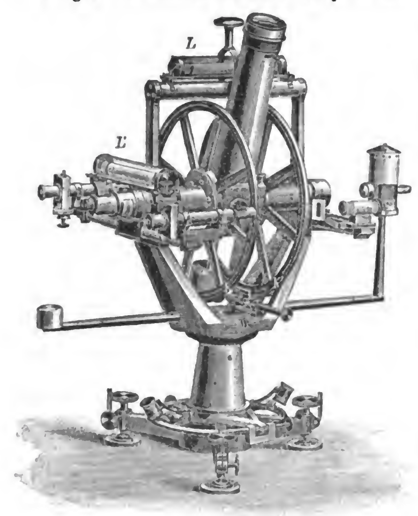
Das Fernrohr kann bei allen diesen Instrumenten in der Mitte zwischen zwei Säulen (Fig. 469) oder auch seitlich angebracht sein (Fig. 471) oder wie beim Passageninstrument als gebrochenes Fernrohr (Fig. 470), wie sich denn in der Ausführung die mannigfachsten Verschiedenheiten ergeben.

Will man nicht Horizontalwinkel, sondern Höhen messen, so ist der Höhenkreis mit besonderer Sorgfalt ausgeführt, während der Horizontalkreis nur als Aufsuch- oder Einstellkreis dient. Das Instrument wird dann Höheninstrument. Ein solches wird aus Fig. 470 ersichtlich. Das gebrochene Fernrohr mit den beiden Kreisen ist um eine horizontale Axe drehbar. Klemme und Feinbewegung des Fernrohrs (mit den Kreisen gemeinschaftlich) wird in derselben Weise bewerkstelligt wie bei dem vorigen Instrumente. Ebenso die Nivellirung der Axe; die Einstellung am Horizontalkreise, der in diesem Falle nur zum Aufsuchen dient, wird an zwei Nonien mittels Lupen abgelesen.

Die Ablesung am Verticalkreise wird durch 2 Mikroskope bewirkt, welche an einem Arme des Trägers für die horizontale Umdrehungsaxe befestigt sind; da es jedoch hier wesentlich auf eine feste Lage der Mikroskope ankommt, so hat dieser Mikroskopträger kreisrund abgedrehte Zapfen, auf welchen die Libelle L', die sogen. Versicherungs- oder Alhidadenlibelle, aufgesetzt wird. Mitunter ist diese Libelle festgeschraubt, wodurch eine sicherere Verbin-

dung hergestellt ist, dafür aber eine Umsetzung der Libelle behufs Rectification unmöglich ist.

In Fig. 470 ist überdies rechts die Lampe zu sehen, welche bei den grösseren Instrumenten dieser Art stets beigegeben ist, um das Gesichtsfeld und diejenigen Stellen der Kreistheilung, welche unter den Mikroskopen sich befinden, zu beleuchten; links befindet sich auf demselben Arme ein Gegengewicht, um das Gewicht der Lampe zu balanciren. Für die Ablesung bei Tageslicht sind ferner die Objectivenden der Mikroskope rings um die Objective mit schrägaufgelegten weissen Papierflächen versehen, welche nur die Ausschnitte für die Objective haben und als reflectirende Flächen zerstreutes Tageslicht auf die Kreistheilungen werfen.

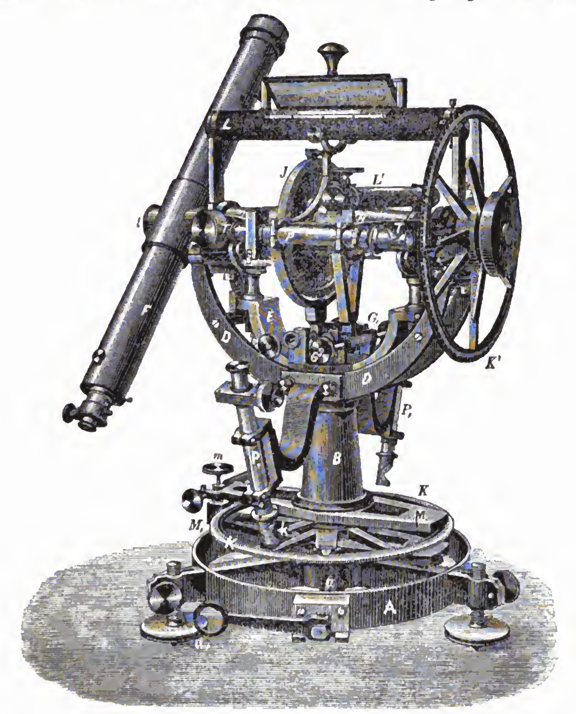


•Nach Ambronn, Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde.•
(A. 470.)

Die Mikroskope müssen selbstverständlich sowohl für das Höheninstrument, als auch für den Theodoliten mit den entsprechenden Correctionsvorrichtungen montirt sein, um die Mikroskope senkrecht zur Theilung zu stellen, oder sie wenigstens in eine durch die Drehungsaxe des Kreises gehende Ebene zu bringen, da sonst bei den geringsten Veränderungen des Abstandes der Mikroskope von den Theilungen die Bilder der Theilstriche ihre Lage gegen das Fadennetz des Mikrometers ändern würden (das Mikroskop gegen andere Punkte des Kreises gerichtet wäre). Selbstverständlich muss auch ein eventueller Fehler des Schraubenganges (Run) zu corrigiren möglich sein u. s. w.

Eine Vereinigung des Azimuthal- und Höheninstrumentes, bei welchem daher sowohl der Horizontal- als auch der Verticalkreis möglichst genau getheilt sind, wurde früher als Altazimuth (Altitudo = Höhe, vergl. auch den betr. Artikel) bezeichnet. Reichenbach führte für dieselben den jetzt allgemein gebräuchlichen Namen Universalinstrumente ein. Ein solches ist in Fig. 471 abgebildet. Das Fernrohr ist hier excentrisch; die Mikroskope sind auf die gegen das Fernrohr hin gerichtete Seite des Kreises eingestellt, während sich auf der äusseren Seite eine Theilung zur rohen Einstellung des Fernrohres befindet; zur Bewegung des Fernrohrs dienen die Handhaben k'. Ueber der Axenlibelle ist ein Spiegel unter 45° angebracht, um die Ablesung der Libelle von der Seite statt von oben vornehmen zu können. Die Klemmung und Feinbewegung um die Verticalaxe ist hier ebenso wie bei den früheren Instrumenten; die Klemmungs- und Feinbewegungsvorrichtung für das Fernrohr sind jedoch hier nicht mit dem Träger D verbunden, sondern mit den

innerhalb befindlichen beiden Trägern E, welche nach oben zwei Säulen aufgesetzt haben, auf welchen die horizontale Umdrehungsaxe auf Frictionsrollen aufruht (vergl. den Meridiankreis). Das Gewicht der Axe, des Fernrohres, der Kreise und Mikroskope ruht daher zum grössten Theile auf diesen Säulen, welche durch Federn (oder bei anderen Instrumenten durch Gegengewichte) jenes Gewicht balanciren, so dass von demselben nur ein geringer Theil auf den



»Nach AMBRONN, Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde.«
(A. 471.)

Zapfenlagern aufruht. Die Träger E ruhen nun weiter auf einer in einer Bohrung der Verticalaxe hindurchgehenden Säule, welche durch ein Excenter, das mittels der Handhabe a gedreht werden kann, gehoben wird, so dass hierdurch das ganze Instrument aus den Lagern herausgehoben und umgelegt werden kann.

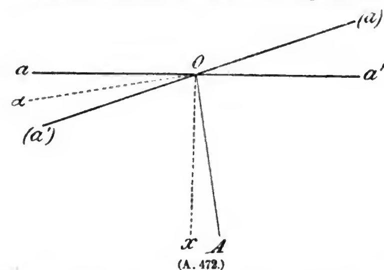
Behufs Elimination von Theilungsfehlern sind aber die getheilten Kreise nicht fest mit den Axen verbunden, sondern zwischen Flanschringen durch starke Reibung auf dieselben aufgesetzt, und daher für gewöhnlich nicht verschiebbar; durch entsprechende Fixirung der Axen und Verschiebung der Kreise können jedoch diese in eine gegen die Richtung der Fernrohraxe (Nullpunkte) geänderte Lage gebracht werden.

Für geodätische Zwecke hatte die Einrichtung des Universalinstrumentes mit Repetitionskreis unstreitig gewisse Vortheile, da es sowohl zum Zwecke der Azimuth- und Höhenbestimmung als auch der Horizontalwinkelmessung, und für letzteren Fall zu Repetitionsbeobachtungen geeignet ist. Man hatte sogar auch bei den Verticalkreisen mitunter dieselbe Einrichtung zur Repetition der Winkelmessung getroffen. Allein dieselben Ursachen, welche zur Einrichtung der Meridiankreise, Passageninstrumente u. s. w. führten: das Streben die Genauigkeit der Beobachtungen durch Erhöhung der Stabilität der Instrumente zu sichern, hat in neuerer Zeit dahin geführt, bei den grossen Universalinstrumenten, bei denen die Genauigkeit der Messungen schon durch anderweitige Einrichtungen (feine Kreistheilungen, mikroskopische Ablesungen u. s. w.) erzielt ist, auf die Repetition zu verzichten, und ist dieselbe jetzt fast vollständig verlassen, umsomehr, als an Stelle der Winkelmessung bei den Triangulationen die Richtungsmessung getreten ist.

Voraussetzungen für die Benützung des Instrumentes sind:

1. Die verticale Umdrehungsaxe des Instrumentes soll vertical stehen.
2. Die horizontale Umdrehungsaxe des Fernrohrs soll auf der verticalen Umdrehungsaxe senkrecht stehen.
3. Die Collimationslinie des Fernrohrs soll auf der horizontalen Umdrehungsaxe derselben senkrecht sein.

Ueber die verticale Stellung der verticalen Umdrehungsaxe wurde vorher gesprochen. Es setzt dies jedoch voraus, dass die Bedingung 2) bereits erfüllt ist. Um dieses zu prüfen wird zunächst die Axenlibelle L auf die horizontale Umdrehungsaxe des Fernrohres aufgesetzt; diese in die Richtung einer Fussschraube gebracht, und letztere so lange gedreht, bis die Libelle einspielt. Ist die Libelle rectificirt (sollte dieses nicht der Fall sein, so kann dieses durch Umsetzen derselben auf der Axe vorher geschehen; vergl. den Artikel »Niveau«) so ist jetzt die horizontale Umdrehungsaxe aa' des Fernrohres (Fig. 472) horizontal. Dreht man den Obertheil des Instrumentes um 180°, so wird die Libelle nur dann wieder einspielen, wenn die beiden Instrumentenaxen aa' und OA (letztere die verticale Umdrehungsaxe) auf einander senkrecht stehen. Ist dieses jedoch nicht der Fall, d. h. OA nicht senkrecht auf aa', so wird nach der Drehung von OA um 180°, wenn das Axenende a' an die Stelle a gekommen ist, die Lage der Fernrohraxe (a) (a') sein und da Winkel $a'OA = (a')OA$ ist,



(A. 472.)

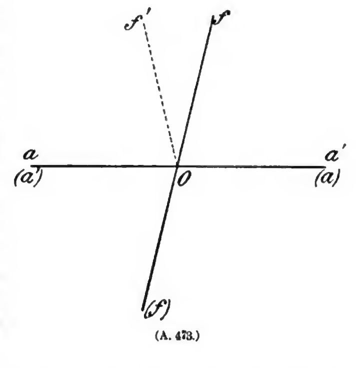
$$\text{so ist } \sphericalangle aO(a') = 2xOA.$$

Die Ausweichung der Libelle kommt daher zur Hälfte auf die Abweichung des Winkels $a'OA$ vom rechten Winkel, und zur Hälfte auf die nicht verticale Stellung von OA. Corrigirt man daher jetzt die Hälfte des Ausschlages der Libelle an der Fussschraube des Instrumentes, so kommt OA in die verticale Richtung Ox (Correction der Stellung der verticalen Umdrehungsaxe) und Aa' kommt in die Richtung $O\alpha$, so dass $\alpha Ox = (a')OA = a'OA$ ist. Corrigirt man nun die zweite Hälfte der Ausweichung des Niveaus durch Hebung des betreffen-

den Zapfenlagers (zu welchen Zwecken Einrichtungen getroffen sind, ganz ähnlich denjenigen, welche beim Meridiankreise und Passageninstrumente ersichtlich sind), so fällt die Richtung der Umdrehungsaxe des Fernrohres nunmehr in die Richtung aa', ist daher senkrecht auf Ox. Eine neuerliche Drehung um 180°, wobei a und a' wieder vertauscht werden, dient zur Controlle und etwaigen genaueren Berichtigung, die so oft vorzunehmen ist, bis der Fehler sehr klein ist. Zur Berichtigung der Verticalstellung der Axe OA gehört nun weiter noch die Untersuchung der Verticalstellung in einer auf aOA senkrechten Ebene, welche in der schon früher erwähnten Weise vorgenommen wird.

Für die Berichtigung des Collimationsfehlers kann man das Instrument durch Fixirung des Horizontalkreises zu einem nur um eine horizontale Umdrehungsaxe drehbaren Passageninstrument machen; daher den Collimationsfehler durch Umlegen der Axe in ihren Lagern (in derselben Weise, wie beim Meridiankreis und Passageninstrument) wegschaffen, wobei irgend ein im Horizonte gelegenes Object, auf welches das Instrument gerichtet wird, die Stelle der Mire vertritt. Hatte man die Fäden des Fernrohres vorher auf das Object collimirt, und deckt nach dem Umdrehen des Fernrohres der Faden nicht mehr das Bild des Objectes, so wird der Fehler weggeschafft, indem der Verticalfaden im Fernrohr durch Verschieben der Fadenplatte mit Hilfe der hierzu angebrachten Correctionsschrauben um die Hälfte der Ausweichung dem Objecte genähert wird. Durch neuerliche Collimirung und Umlegung des Fernrohres kann man sich von der vollständigen Berichtigung überzeugen, eventuell dieselbe noch genauer erhalten.

Beim Universalinstrument kann jedoch der Collimationsfehler noch in anderer Weise bestimmt werden, bei welcher man die Umlegung des Instrumentes vermeiden kann. Die Methode besteht darin, dass das Fernrohr wieder auf ein entferntes, im Horizonte gelegenes Object (z. B. eine Thurmspitze) gerichtet wird, und dann um 180° um seine verticale Umdrehungsaxe gedreht wird, so dass nunmehr die horizontale Drehungsaxe des Fernrohres in dieselbe Richtung aa' nur mit Vertauschung der Zapfenenden kommt. Das Objectiv aber kommt dabei in die Lage $O(f)$ an Stelle der früheren Of (Fig. 473) und »schlägt man dann das Fernrohr durch«, d. h. dreht es um die horizontale Drehungsaxe auf das früher collimirte Object, so kommt die Fernrohraxe in die Richtung Of', welche sich nur dann mit der früheren deckt, wenn $Of \perp aa'$ ist. Deckt jedoch nach dem Durchschlagen des Fernrohres der Kreuzungspunkt der Fäden (Mittelfäden) nicht mehr das Object, so zeigt hier die Abweichung fOf' ebenfalls den doppelten Betrag des Collimationsfehlers; dieser wird eliminirt, indem man das Fadenkreuz um die Hälfte der Ausweichung gegen das collimirte Object zu verschiebt.

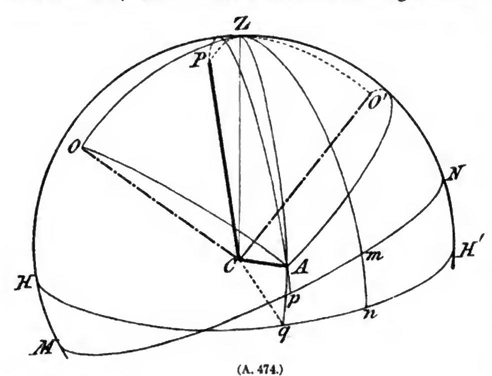


(A. 473.)

Da auch hier die Elimination der Instrumentalfehler nicht vollständig vorgenommen werden kann, die übrig bleibenden Fehler aber, bei der mit den

heutigen Instrumenten zu erzielenden Genauigkeit nicht übergangen werden dürfen, so handelt es sich wieder um den Einfluss der Instrumentalfehler auf die gemessenen Winkel und die Berücksichtigung der daraus hervorgehenden Corectionen.

Sei HH' (Fig. 474) die Horizontalebene, Z das Zenith; hingegen MN die von der Horizotalen abweichenden Lage des Horizontalkreises des Instrumentes; P der Pol desselben, also CP die verticale Umdrehungsaxe des Instrumentes, welche analog der bei parallactischer Montirung eingeführten Bezeichnung hier die **Azimuthalaxe** genannt werden soll. Ebenso soll die horizontale Umdrehungsaxe CA des Fernrohres als die **Höhenaxe** bezeichnet werden. Die Höhenaxe wird nun nicht horizontal sein, aber auch nicht in die Ebene MN hineinfallen, wenn sie nicht auf der Azimuthalaxe senkrecht steht. Von den beiden Seiten des Axenendes wird wieder das eine als das Kreisende (oder bei zwei getheilten Kreisen durch die Klemme) besonders bezeichnet. Sei A das Kreisende. Endlich sei CO die Richtung der Fernrohraxe (Absehenslinie) bei der Pointirung eines Objectes (eines Sternes oder eines terrestrischen Objectes) und wenn der Collimationsfehler nicht vollständig weggeschafft ist, so wird OC nicht auf CA senkrecht stehen.



(A. 474.)

Die Festlegung der einzelnen Punkte ist hier auf die Ebene des Horizontes zu beziehen. Seien das Azimuth und die Zenithdistanz des Punktes O bezw. a und z; da die Höhenaxe CA nicht horizontal liegt, so sei die Neigung derselben gegen die Horizontalebene $HH' = i$, da ferner OA nahe 90° ist, so wird das Azimuth A des Axenendes A nahe 90° von demjenigen von O verschieden sein; ist $OA = 90° + c$ und[1])

$$A = a + e - 90°,$$

so hat man in dem Dreiecke OZA, in welchem

$$ZO = z, \quad OA = 90° + c, \quad ZA = 90° - i$$

und der Winkel

$$OZA = a - (a + e - 90°) = 90° - e$$

ist:

$$- \sin c = \sin i \cos z + \cos i \sin z \sin e,$$

demnach

$$\sin e = - \operatorname{tang} i \operatorname{cotang} z - \sin c \sec i \operatorname{cosec} z. \qquad (1)$$

Die Richtung nach dem Südpunkte ist aber an dem Instrumente nicht besonders bezeichnet, und Azimuthe können nur in derselben Weise bestimmt werden, wie Horizontalwinkel, als Differenzen von Richtungen nach dem Stern

[1]) Die Azimuthe von 0° bis 360° in der Richtung NpM gezählt.

(dessen Azimuth aus seinen sphärischen Coordinaten und der Zeit ermittelt wurde; s. den Artikel »Azimuthbestimmung«) und einem Objekte oder aber aus der Lesung im Meridiane, welche wieder durch die Beobachtung des Sternes bestimmt wurde und der Lesung bei Einstellung auf das zu beobachtende irdische Object. Die Drehung des Fernrohres wird aber hierbei durch die Drehung des Axenendes A bestimmt, welche jedoch nicht in der Horizontalebene, sondern um die Azimuthalaxe CP stattfindet, und man hat aus den Lesungen L die Azimuthe A abzuleiten.

Sei die Neigung des Horizontalkreises des Instrumentes gegen die Horizontalebene I, also $PZ = I$, oder, wenn der Kreis PZ verlängert wird, $mn = I$ und das Azimuth dieses Kreises A_0; ferner die Neigung der Höhenaxe gegen den Horizont, wie oben i, d. h. $ACq = i$, $ZA = 90° - i$ und deren Neigung gegen die Kreisebene $Ap = i'$ und $PA = 90° - i'$. Endlich sei die Lesung am Kreise in der Stellung des Fernrohres gegen O hin $= L$, und die Lesung, wenn die Axe CA in die Verticalebene Zmn fällt, $= L_0$, so hat man in dem Dreiecke PZA die Seiten:

$$PZ = I, \quad ZA = 90° - i; \quad PA = 90° - i'$$

und die Winkel

$$ZPA = L - L_0; \quad PZA = 180° - (A - A_0).$$

Demnach:

$$\cos i \sin (A - A_0) = \cos i' \sin (L - L_0)$$
$$- \cos i \cos (A - A_0) = \sin i' \sin I - \cos i' \cos I \cos (L - L_0)$$
$$\sin i = \sin i' \cos I + \cos i' \sin I \cos (L - L_0).$$

Die dritte dieser Gleichungen giebt

$$i = i' + I \cos (L - L_0)$$
$$i' = i - I \cos (L - L_0), \qquad (2)$$

und die beiden ersten derselben durch Multiplication mit $\cos (L - L_0)$ bezw. $\sin (L - L_0)$ und Addition:

$$\cos i \sin [(A - A_0) - (L - L_0)] = \sin i' \sin I \sin (L - L_0) + \cos i' \sin^2 \tfrac{1}{2} I \sin 2(L - L_0).$$

$(A - A_0) - (L - L_0)$ ist demnach eine Grösse von der zweiten Ordnung der Neigungen, weshalb man schreiben kann:

$$(A - A_0) - (L - L_0) = [i' I \sin (L - L_0) + \tfrac{1}{4} I^2 \sin 2(L - L_0)] \, arc \, 1'',$$

und wenn man für i' aus (2) substituirt:

$$(A - A_0) - (L - L_0) = [i I \sin (L - L_0) - \tfrac{1}{4} I^2 \sin 2(L - L_0)] \, arc \, 1''.$$

Setzt man voraus, dass I und i bis auf wenige Secunden berichtigt sind, so wird diese Correction völlig verschwinden, und man kann für die Differenz der Azimuthe direkt die Differenz der Lesungen setzen.

Die Formeln (1) und (2) gelten zunächst für Kreis links, da in diesem Falle $A = a + c - 90°$ ist. Für Kreis rechts, d. h. wenn das Fernrohr gegen O' gerichtet ist, bleiben, wie man sieht, die Formeln (2) dieselben, hingegen wird, wegen $A = 90° + a + c$ die Formel (1) aus dem Dreiecke $O'ZA$, in welchem

$$O'ZA = (a + c + 90°) - a = 90° + c$$

ist:

$$- \sin c = \sin i \cos z - \cos i \sin z \sin e$$
$$\sin e = \tang i \cotang z + \sin c \sec i \cosec z. \qquad (1)$$

Man erhält hieraus das Azimuth des Punktes O aus demjenigen A des Kreisendes der Höhenaxe nach

$$a = A \pm 90° - c \begin{cases} KL \\ KR \end{cases}.$$

ε ist von der Ordnung von i und c; sind diese Grössen klein, was bei ausreichender Rectification des Instrumentes immer angenommen werden kann, so wird man setzen können:

$$\varepsilon = \mp i \, cotang \, z \mp c \, cosec \, z \left\{ \begin{matrix} KL \\ KR \end{matrix} \right.$$

und demnach

$$a = A \pm 90° \pm i \, cotang \, z \pm c \, cosec \, z \left\{ \begin{matrix} KL \\ KR \end{matrix} \right., \tag{3}$$

wobei die Neigung i positiv ist, wenn das Kreisende das höhere ist, und der Collimationsfehler c positiv, wenn der Winkel, welchen die Collimationslinie des Fernrohres mit dem Kreisende einschliesst, grösser als 90° ist.

Für ein zweites Objekt, dessen Zenithdistanz z' und dessen Azimuth a' ist, hat man, wenn das zugehörige Azimuth des Kreisendes A' ist, und die durch die Libelle bestimmte Neigung des Kreisendes für diese Einstellung i':

$$a' = A' \pm 90° \pm i' \, cotang \, z' \pm c \, cosec \, z' \left\{ \begin{matrix} KL \\ KR \end{matrix} \right.$$

und in der Differenz $a - a'$ fällt der Winkel von 90° heraus. Es ist

$$a - a' = A - A' + (\pm i \, cotang \, z \pm c \, cosec \, z) - (\pm i' \, cotang \, z' \pm c \, cosec \, z') \left\{ \begin{matrix} KL \\ KR \end{matrix} \right.. \tag{4}$$

Da nun

$$A - A' = (A - A_0) - (A' - A_0) = (L - L_0) - (L' - L_0) = L - L'$$

gesetzt werden kann, wenn man die Quadrate der Neigungen i und I als verschwindend vernachlässigt, so wird

$$a - a' = L - L' + (\pm i \, cotang \, z \pm c \, cosec \, z) - (\pm i' \, cotang \, z' \pm c \, cosec \, z') \left\{ \begin{matrix} KL \\ KR \end{matrix} \right. \tag{5}$$

Hat man zur Bestimmung des Collimationsfehlers das Fernrohr in den Lagern umgelegt, so kann man die Grösse des Collimationsfehlers entweder mittels einer Mikrometerschraube bestimmen, deren Schraubenwerth man in Secunden bestimmt, oder aber indem man direkt das Instrument um die verticale Umdrehungsaxe dreht, bis der Verticalfaden wieder das Object deckt. Hat man hierbei eine Drehung von α'' vorgenommen, so wird

$$c = \tfrac{1}{2}\alpha \, sin \, z,$$

wenn das zur Bestimmung benützte Object nicht im Horizonte liegt, sondern die Zenithdistanz z hat.

Hat man jedoch zur Bestimmung des Collimationsfehlers nicht umgelegt, sondern das Instrument um 180° gedreht, und das Fernrohr durchgeschlagen, so sind beide Objecte identisch, d. h. es ist $a = a'$; ebenso ist $z = z'$; hingegen ist die neue Lesung $180° + L - \alpha$ an Stelle von $180° + L$ und während früher das Kreisende rechts war, ist es jetzt links; sind daher L und $(180° + L - \alpha)$ die Drehungen bei Kreis rechts und bei Kreis links, so wird

$$0 = L - (L - \alpha) + (- i \, cotang \, z - c \, cosec \, z) - (+ i' \, cotang \, z + c \, cosec \, z).$$

Hieraus folgt

$$2 c \, cosec \, z + (i + i') \, cotang \, z = \alpha,$$

wobei vorausgesetzt ist, dass in den beiden Stellungen die Neigung des Kreisendes sich geändert hat. Es wird demnach:

$$c = -\frac{i + i'}{2} \, cos \, z + \frac{\alpha}{2} \, sin \, z.$$

Ist das Object nahe dem Horizonte, so verschwindet das von den Neigungen i und i' abhängige Glied.

Aehnlich wie beim Meridiankreise liesse sich aus dieser Formel eine Methode zur Bestimmung des Collimationsfehlers aus Neigungsbestimmungen bei Nadir-

beobachtungen ableiten, doch werden solche beim Universalinstrumente nicht angewendet.

Die hier abgeleiteten Formeln gelten zunächst für den Fall, dass das Fernrohr centrisch über der Azimuthalaxe angebracht ist. Ist dieses nicht der Fall, wie z. B. in Fig. 471 (Fernrohr an einem Ende der Höhenaxe), so wird noch eine Correction nöthig. Sei aa' (Fig. 475) die Höhenaxe, a das Kreisende, C derjenige Punkt der Höhenaxe, welcher vertical über der Azimuthalaxe liegt, oO das Fernrohr, und daher $aa'O = 90° + c$, wenn c der Collimationsfehler ist, so wird, sowohl beim Umlegen des Fernrohrs in den Lagern, als auch beim Drehen um 180° und Durchschlagen das Fernrohr nach $a(O)$ kommen, und daher durch mikrometrische Messung oder Drehung des Horizontalkreises der Winkel $(O)aM$ gemessen, wenn M das im Horizonte gelegene anvisirte Object ist. Es ist aber

$$(O)aM = (O)ax + xaM$$
$$(O)aM = c + xaM.$$

Man findet aber leicht, wenn man von M ein Perpendikel auf aa' fällt, wenn

$$aa' = 2l \text{ und } Ma' = E$$

gesetzt wird:

$$tang\, xaM = \frac{2l + E \sin c}{E \cos c}.$$

Ist der Collimationsfehler c klein, wie dies immer vorausgesetzt werden kann, so wird

$$tang\, xaM = \frac{2l}{E} + \sin c$$

oder, die Tangenten und Sinus durch die Bögen ersetzend:

$$xaM = \frac{2l}{E} \, arc\, 1'' + c.$$

(A. 475.)

Damit wird der gemessene Winkel

$$(O)aM = 2c + \frac{2l}{E} \, arc\, 1'' = 2\left(c + \frac{l}{E} \, arc\, 1''\right),$$

d. h. es tritt in den Formeln statt des Collimationsfehlers c der Ausdruck

$$c + \frac{l}{E} \, arc\, 1''$$

auf, wobei l die halbe Länge der Höhenaxe und E die Entfernung des anvisirten Objectes ist. In der That wird man auch bei den Winkelmessungen in diesem Falle die Reduction wegen der excentrischen Stellung des Fernrohrs (in a' statt in C) berücksichtigen, indem man an Stelle der Visur $a'M$ die vom Centrum C ausgehende CM setzt; dieses würde aber dadurch berücksichtigt, dass man sich ein Fernrohr denkt, dessen Visirlinie mit dem Kreisende der Höhenaxe den Winkel aCM einschliesst, für welches also der Collimationsfehler (c) bestimmt ist durch

$$aCM = aCy + yCM$$

oder

$$90° + (c) = 90° + yCM; \quad (c) = yCM.$$

Es ist aber wieder

$$MCy = \frac{l + E \sin c}{E \cos c} = \frac{l}{E} + \sin c$$

$$MCy = \frac{l}{E} \, arc \, 1'' + c,$$

demnach

$$(c) = c + \frac{l}{E} \, arc \, 1''.$$

Es erübrigt noch die Verwendung des Instrumentes zur Messung von Zenithdistanzen zu untersuchen.

Die Collimationslinie des Fernrohrs kann nur dann durch das Zenith gehen, wenn entweder die Höhenaxe horizontal und der Collimationsfehler null ist, oder allgemein $c + i = 0$ ist. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so beschreibt der Punkt O auf der Kugel einen kleinen Kreis, wenn das Fernrohr um die Axe CA gedreht wird. Sei die Lesung für den Fall der Coincidenz der Ebene OCA mit der Verticalebene AZ gleich L_0, die Lesung nach der Drehung auf das Object O gleich L, so ist

$$\lambda = L - L_0$$

die Drehung des Fernrohrs, welche gleich ist dem Winkel ZAO. Man hat nun in dem bereits betrachteten Dreiecke ZOA:

$$\cos z = - \sin c \sin i + \cos c \cos i \cos \lambda$$

und daraus

$$\cos \lambda - \cos z = 2 \sin \frac{z - \lambda}{2} \sin \frac{z + \lambda}{2} = \sin c \sin i + \cos \lambda (1 - \cos c \cos i).$$

Daraus folgt, dass $z - \lambda$ stets eine kleine Grösse ist, und zwar von der zweiten Ordnung der Grössen i und c und man kann daher schreiben:

$$(z - \lambda) \sin z = ci + \frac{c^2 + i^2}{2} \cos z$$

$$z = \lambda + ci \, cosec \, z + \frac{c^2 + i^2}{2} \, cotang \, z.$$

Man kann demnach hier, ebenso wie bei den Horizontalwinkelmessungen den Einfluss der Neigung der Höhenaxe und des Collimationsfehlers vernachlässigen, wenn die Werthe nur hinreichend klein gehalten werden, und die Objecte nicht zu nahe zum Zenith gelegen sind.

Die Einstellung des Fernrohrs in der Richtung des Zenithes ist aber nicht zu erkennen. Man kann wohl das Fernrohr gegen das Nadir richten, und den Nadirpunkt in der Art bestimmen, wie dies in dem Artikel »Meridiankreis« beschrieben wurde; allein Einrichtungen dieser Art sind bei den Universalinstrumenten nicht angebracht. Man bestimmt daher die Zenithdistanz durch Messung des doppelten Winkels, indem man zuerst das Fernrohr nach O richtet (z. B. bei KL), sodann das Instrument um 180° dreht, wobei das Kreisende auf die entgegengesetzte Seite (KR), und das Fernrohr in die Richtung CO' kommt. Schlägt man dann das Fernrohr durch das Zenith, bis es wieder gegen O gerichtet ist, so erhält man jetzt eine zweite Einstellung in der anderen Kreislage. Ist nun die (unbekannte) Lesung bei der Stellung des Fernrohrs ins Zenith L_0, die Ablesung bei Kreis links L_1, bei Kreis rechts L_2, die gesuchte Zenithdistanz z, so hat man

$$z = L_1 - L_0; \quad z = L_0 - L_2, \qquad \text{I}$$

wenn die Lesungen vom Zenith gegen das Object hin bei Kreis links wachsen; und

$$z = L_0 - L_1; \quad z = L_2 - L_0, \qquad \text{II}$$

wenn die Lesungen vom Zenith gegen das Object hin bei Kreis rechts wachsen. Man erhält hieraus durch Addition, bezw. Subtraction

für den ersten Fall: $z = \frac{1}{2}(L_1 - L_2); \quad L_0 = \frac{1}{2}(L_1 + L_2)$ I

für den zweiten Fall: $z = \frac{1}{2}(L_2 - L_1); \quad L_0 = \frac{1}{2}(L_1 + L_2)$, II

d. h. in beiden Fällen die Zenithdistanz gleich der halben Differenz der Lesungen, den Zenithpunkt gleich der halben Summe der Lesungen.

Dieses setzt jedoch voraus, dass in beiden Fällen die Lesung L_0 gegen das Zenith unverändert blieb. Dies wäre aber nur der Fall, wenn die Stellung der Mikroskopträger gegen die Horizontale in der Zwischenzeit sich nicht geändert hätte. Denn denkt man sich das Fernrohr gegen das Zenith gerichtet, und die Mikroskope abgelesen, so wird stets dieselbe Lesung bleiben, wenn das Fernrohr seine Lage gegen das Zenith und auch die Mikroskope ihre Lage gegen die Verticale unverändert beibehalten hätten. Jede Veränderung in der Stellung der Mikroskope würde eine andere Lesung selbst bei unveränderter Lage des Fernrohrs zur Folge haben.

In der That wird aber die Stellung der Mikroskope durch längere Zeitintervalle durchaus nicht als unveränderlich angesehen werden dürfen, um so mehr, als das Instrument in der Zwischenzeit um seine Azimuthalaxe gedreht wurde. Man wird daher die Ablesungen der Mikroskope auf eine gewisse Normalstellung beziehen müssen, zu welchem Zwecke eben die Alhidaden- oder Versicherungslibelle dient. Die Mikroskopträger könnten so lange gedreht werden, bis die (als rectificirt gedachte) Libelle einspielt. Bei vielen Instrumenten ist auch der Mikroskopträger thatsächlich mittels eines Armes verstellbar, der durch eine Feinbewegungsschraube ähnlich denjenigen, welche für die Klemmung und Feinbewegung des Fernrohres dienen, bewegt wird. Dieses ist jedoch nicht nöthig, und es genügt, die Lesung für eine beliebige Stellung der Mikroskopträger auf eine Normalstellung zu reduciren.

Die Röhre der Alhidadenlibelle ist gegen das zu pointirende Object hin gewendet, und man bezeichnet jene Seite desselben, welche demselben näher liegt, als die äussere Seite desselben, das gegen das Objectiv gerichtete Blasenende als das äussere Blasenende. Man findet nun leicht als Correction der Lesung bei der Lage des Nullpunkts der Libelle[1]) a) in der Mitte, b) nach innen, c) nach aussen und wenn die Lesungen am Kreise vom Zenith gegen das Object hin

	a)	b)	c)
zunehmen:	$+\frac{1}{2}(a - i)\mu$	$+[\frac{1}{2}(a + i) - m]\mu$	$+[m - \frac{1}{2}(a + i)]\mu$
abnehmen:	$-\frac{1}{2}(a - i)\mu$	$-[\frac{1}{2}(a + i) - m]\mu$	$-[m - \frac{1}{2}(a + i)]\mu$,

wobei im zweiten und dritten Falle, in denen der Nullpunkt der Libelle seitlich

[1]) Es ist z. B. wenn der Nullpunkt der Libelle innen ist, und a, i die Lesungen am äusseren und inneren Blasenende bedeuten, $\frac{1}{2}(a + i)$ der Einspielpunkt, und $\frac{1}{2}(a + i) - m$ die Ausweichung des Einspielpunktes nach aussen; eine Drehung des Mikroskopträgers, bis die Libelle in m einspielen würde, würde daher die Lesung L vergrössern, wenn die Lesungen vom Zenith gegen das Object hin wachsen. Die Lesung bei in m einspielender Blase und Einstellung auf das Object würde daher grösser oder kleiner sein, je nachdem die Lesungen vom Zenith gegen das Object zu wachsen oder abnehmen. In derselben Weise sind alle andern Correctionen abzuleiten.

vorausgesetzt ist, ein in der Mitte der Libelle liegender Theilstrich m als Einspielpunkt angesehen wurde, und μ der Parswerth der Libelle ist.

Nun ist, da beim Drehen des Instruments um seine Azimuthalaxe der Nullpunkt der Libelle seine Lage gegen das Object ändert (nach innen oder aussen kommt, je nachdem er früher nach aussen oder innen gerichtet war)
für den Fall I:

$$\begin{array}{lll} \text{a)} & \text{b)} & \text{c)} \\ z = L_1 + \tfrac{1}{2}(a-i)\mu - L_0; & L_1 + [\tfrac{1}{2}(a+i) - m]\mu - L_0; & L_1 + [m - \tfrac{1}{2}(a+i)]\mu - L_0 \\ z = L_0 - [L_2 - \tfrac{1}{2}(a'-i')\mu]; & L_0 - \{L_2 - [m - \tfrac{1}{2}(a'-i')]\mu\}; & L_0 - \{L_2 - [\tfrac{1}{2}(a'-i') - m]\mu\}, \end{array}$$

folglich:

$$\begin{aligned} &\text{a)}\quad z = \tfrac{1}{2}(L_1 - L_2) + \tfrac{1}{4}[(a-i) + (a'-i')]\mu \\ &\text{b)}\quad z = \tfrac{1}{2}(L_1 - L_2) + \tfrac{1}{4}[(a+i) - (a'+i')]\mu \\ &\text{c)}\quad z = \tfrac{1}{2}(L_1 - L_2) - \tfrac{1}{4}[(a+i) - (a'+i')]\mu \end{aligned}$$

und für den Fall II:

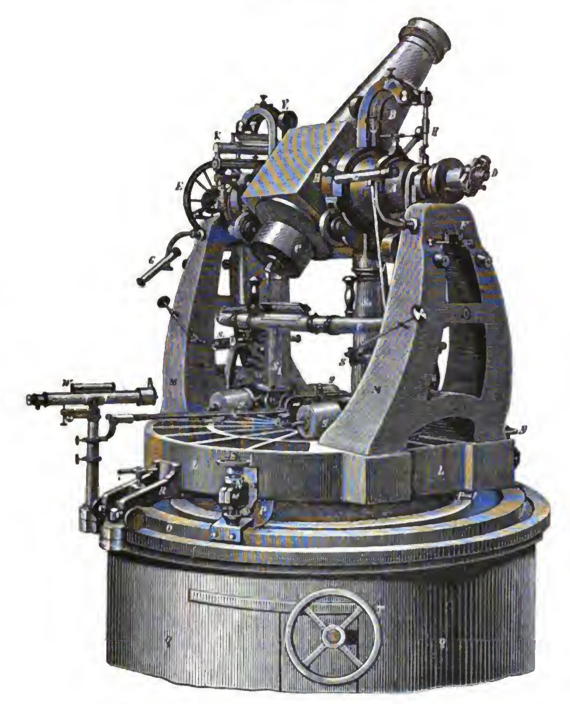
$$\begin{array}{lll} \text{a)} & \text{b)} & \text{c)} \\ z = L_0 - [L_1 - \tfrac{1}{2}(a-i)\mu]; & L_0 - \{L_1 - [\tfrac{1}{2}(a+i) - m]\mu\}; & L_0 - \{L_1 - [m - \tfrac{1}{2}(a+i)]\mu\} \\ z = L_2 + \tfrac{1}{2}(a'-i')\mu - L_0; & L_2 + [m - \tfrac{1}{2}(a'+i')]\mu - L_0; & L_2 + [\tfrac{1}{2}(a'+i') - m]\mu - L_0, \end{array}$$

demnach

$$\begin{aligned} &\text{a)}\quad z = \tfrac{1}{2}(L_2 - L_1) + \tfrac{1}{4}[(a-i) + (a'-i')]\mu \\ &\text{b)}\quad z = \tfrac{1}{2}(L_2 - L_1) + \tfrac{1}{4}[(a+i) - (a'+i')]\mu \\ &\text{c)}\quad z = \tfrac{1}{2}(L_2 - L_1) - \tfrac{1}{4}[(a+i) - (a'+i')]\mu, \end{aligned}$$

also dieselben Formeln wie früher. Es mag jedoch bemerkt werden, dass man sich am sichersten von Irrthümern in den Zeichen frei halten wird, wenn man die Anbringung der Correctionen nicht nach diesen oder ähnlichen Formeln mechanisch anbringt, sondern von Fall zu Fall je nach der Stellung der Libelle die Reduction der Lesung auf einen Normalpunkt durch Ueberlegung vornimmt, wozu ebenfalls im vorhergehenden bereits ausreichende Andeutungen für den denkenden Beobachter gegeben sind. N. HERZ.

Universaltransit. Obwohl Passageninstrumente in jeder beliebigen Verticalebene verwendet werden können, so ist es nicht leicht möglich, dieselben abwechselnd in kurzen Zwischenräumen in verschiedenen Verticalebenen zu benutzen. Um diese Aufgabe zu lösen, hat FOERSTER ein Instrument construirt (dasselbe wurde zuerst von BAMBERG ausgeführt), welches gestattet, dasselbe leicht in jede beliebige Verticalebene zu bringen, in derselben aber ebenso stabil und sicher festzustellen, wie ein einfaches Passageninstrument. Dem Wesen nach ist dieser Zweck erreicht durch den massiven und kräftigen Unterbau, welcher aus Fig. 476 ersichtlich ist. Dieser Unterbau L und M ist auf Rollen P auf einer Bahn drehbar, sobald die Fussschrauben N genügend gehoben sind. Soll dann das Instrument festgestellt werden, so werden die Fussschrauben gesenkt, sodass deren untere Spitzen in radiale Einschnitte der unter ihnen sichtbaren Fussplatten einsinken, welch letztere auf einen zweiten, der früheren parallelen Führungsbahn gleiten, aber auf derselben durch Klemmschrauben genügend sicher fixirt werden können. Ist diese Fixirung erfolgt, so kann bei Temperaturänderungen wohl eine Verschiebung der Füsse in radialer Richtung in den Rinnen, nicht aber eine seitliche Verschiebung derselben erfolgen, und das Instrument dient dann als einfaches Passageninstrument; es sind die einzelnen Theile daher nach dem bei diesem und in dem Artikel »Meridiankreis« Gesagten, leicht zu verstehen.



»Nach Ambronn, Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde.«
(A. 476.)

V sind die Träger, welche das Gewicht der Libelle U äquilibriren. S_2, S_3 sind hohle Träger, welche das Fernrohr sammt Axe und Libelle auf Rollen tragen. Die Aequilibrirung findet durch Gewichte g statt, welche durch Hebelwirkung auf zwei in den Säulen S_2, S_3 befindlichen Stangen wirken. Gleichzeitig dienen diese Säulen zur Umlegung mittels des Rades T.

E ist ein Aufsuchkreis, der mittels des Ablesefernrohres G abgelesen wird, k eine Libelle für Polhöhenbestimmungen nach der Horrebow-Talcott'schen Methode. W ist ein Fernrohr, welches zur Einstellung und Ablesung an einem in der Figur nicht gezeichneten Horizontalkreise dient.

Instrumente, welche denselben Zwecken dienen, wurden später in anderer Ausführung von Repsold construirt, welcher dieselben Durchgangstheodolite nannte. Da die Principien derselben aus dem obigen hinreichend ersichtlich sind, die praktische Lösung der gestellten Anforderungen jedoch in mannigfacher Weise möglich ist, und die Instrumente daher in mancherlei verschiedenen Formen auftreten können, so kann hier auf alle Details nicht näher eingegangen werden. Man vergl. hierzu z. B. »Ambronn, Handbuch d. astronom. Instrumentenkunde«.

Als eine wichtige Anwendung des Universaltransits mag die Bestimmung der Zeit aus den Beobachtungen zweier Sterne im selben (unbekannten) Azimuth durchgeführt werden.

Es sei ein Stern, dessen sphärische Coordinaten: Rectascension und Deklination α und δ seien, zur Zeit θ, ein anderer mit den Coordinaten α', δ' zur Zeit θ' beobachtet worden, wobei aber θ und θ' nicht bekannt sind, wohl aber die Differenz der Zeiten $\theta' - \theta$. Ist das (unbekannte) Azimuth, in welchem das Instrument aufgestellt ist A, so hat man, wenn t, t' die zugehörigen Stundenwinkel sind:

$$cotang\, A \sin t = - \cos\varphi\, tang\, \delta + \sin\varphi \cos t$$
$$cotang\, A \sin t' = - \cos\varphi\, tang\, \delta' + \sin\varphi \cos t'.$$

Multiplicirt man die erste Gleichung mit $\sin t'$, die zweite mit $\sin t$ und subtrahirt, so folgt

$$0 = - \cos\varphi(\sin t'\, tang\, \delta - \sin t\, tang\, \delta') + \sin\varphi(\sin t' \cos t - \cos t' \sin t)$$

oder

$$tang\, \varphi \sin(t' - t) = \sin t'\, tang\, \delta - \sin t\, tang\, \delta'. \qquad (1)$$

Es ist aber

$$\sin t' = \sin[\tfrac{1}{2}(t'+t) + \tfrac{1}{2}(t'-t)] = \sin\tfrac{1}{2}(t'+t)\cos\tfrac{1}{2}(t'-t) + \cos\tfrac{1}{2}(t'+t)\sin\tfrac{1}{2}(t'-t)$$
$$\sin t = \sin[\tfrac{1}{2}(t'+t) - \tfrac{1}{2}(t'-t)] = \sin\tfrac{1}{2}(t'+t)\cos\tfrac{1}{2}(t'-t) - \cos\tfrac{1}{2}(t'+t)\sin\tfrac{1}{2}(t'-t).$$

Es wird daher, indem man diese Ausdrücke in Gleichung (1) substituirt:

$$tang\,\varphi \sin(t'-t) = \sin\tfrac{1}{2}(t'+t)\cos\tfrac{1}{2}(t'-t)\frac{\sin(\delta-\delta')}{\cos\delta\cos\delta'} + \cos\tfrac{1}{2}(t'+t)\sin\tfrac{1}{2}(t'-t)\frac{\sin(\delta+\delta')}{\cos\delta\cos\delta'}.$$

Setzt man daher die bekannten Grössen

$$\left.\begin{aligned}\sin\tfrac{1}{2}(t'-t)\sin(\delta+\delta') &= m \sin M\\ \cos\tfrac{1}{2}(t'-t)\sin(\delta-\delta') &= m \cos M,\end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

so wird

$$tang\,\varphi \sin(t'-t) = m \sin[M + \tfrac{1}{2}(t'+t)] \sec\delta \sec\delta',$$

demnach

$$m \sin[M + \tfrac{1}{2}(t'+t)] = \cos\delta\cos\delta'\, tang\,\varphi \sin(t'-t). \qquad (3)$$

Man kann diese Gleichung noch in eine andere Form bringen. Man erhält nämlich aus den Gleichungen (2), indem man die erste Gleichung mit $\cos\frac{1}{2}(t'-t)$, die zweite mit $\sin\frac{1}{2}(t'-t)$ multiplicirt:

$$\tfrac{1}{2}\sin(t'-t)[\sin(\delta+\delta') + \sin(\delta-\delta')] = m \sin[M + \tfrac{1}{2}(t'-t)]$$

oder

$$\sin(t'-t)\sin\delta\cos\delta' = m \sin[M + \tfrac{1}{2}(t'-t)]$$

und wenn man den Werth von $\sin(t'-t)$ hieraus in die Gleichung (3) einsetzt:

$$\sin[M + \tfrac{1}{2}(t'+t)] = \frac{tang\,\varphi}{tang\,\delta}\sin[M + \tfrac{1}{2}(t'-t)]. \qquad (4)$$

Da nun $t' - t = \theta' - \theta - (\alpha' - \alpha)$ ist, so erhält man hieraus $t' + t$ und somit die beiden Stundenwinkel t' und t, welche in Verbindung mit den bekannten Rectascensionen α', α die bezüglichen Sternzeiten θ', θ ergeben.

Schliesslich kann man noch das Azimuth des Instrumentes bestimmen; für dieses hat man die Formel

$$cotang\, A = \frac{-\cos\varphi\sin\delta + \sin\varphi\cos\delta\cos t}{\cos\delta\sin t}$$

und hieraus

$$\frac{cotang\, A}{\sin\varphi} = \frac{-tang\,\delta + tang\,\varphi\cos t}{tang\,\varphi\sin t}.$$

Dieser Ausdruck kann vereinfacht werden, wenn man für $tang\,\varphi$ seinen Werth aus (4) substituirt. Setzt man Kürze halber für einen Augenblick

$$M + \tfrac{1}{2}(t'+t) = \lambda,$$

so wird

$$M + \tfrac{1}{2}(t' - t) = \lambda - t,$$

demnach

$$tang\,\varphi = \frac{tang\,\delta\,sin\,\lambda}{sin\,(\lambda - t)},$$

folglich

$$\frac{cotang\,A}{sin\,\varphi} = \frac{cos\,t\,sin\,\lambda - sin(\lambda - t)}{sin\,t\,sin\,\lambda} = cotang\,\lambda$$

oder

$$cotang\,A = sin\,\varphi\,cotang[M + \tfrac{1}{2}(t' + t)]. \qquad (4\,a)$$

Die Formeln (2), (4), (4 a) lassen daher t', t und A aus $t' - t$, δ, δ' und φ finden.

N. Herz.

Universum. Die Gestalt des Weltgebäudes (constitution du ciel, construction of the heavens) zu erforschen, ist schliesslich der letzte Zweck der ganzen Astronomie. Alle Theilresultate, die wir über Himmelskörper erlangen können, vereinigt zu einem Gesammtbilde, das uns gewissermaassen gestattet, herauszutreten von dem Punkte im Innern der Welt, auf welchen das Menschengeschlecht festgenagelt ist und uns ausserhalb postirend mit einem Blicke das ganze Weltgebäude zu umfassen, ähnlich wie wir auf einem Erdglobus die Configuration der Erdoberfläche, aus dieser heraustretend, überschauen, das wäre die Krönung all unsrer Forschung, und wenn sie gelungen wäre, so stände die Astronomie sowohl an der Erreichung ihres Zieles als auch — am Ende und was weiter zu thun bliebe, wäre nichts als uninteressante Kleinarbeit. Eben deswegen ist aber weder zu hoffen, noch zu erwarten, dass wir ein solches Weltbild, das der Wahrheit entspräche, jemals völlig zu entwerfen im Stande sein werden, zumal die Festlegung unseres Standpunktes im Innern des zu erforschenden Gebietes und die unmerklich langsame Ortsveränderung desselben uns das Weltbild fast nur von einer Seite zeigt.

Historische Entwicklung der Ansichten vom Universum.

Aber der tiefe Drang im Menschen nach dem letzten Grunde aller Dinge hat die »Welt als Ganzes« schon zum Objecte der Speculation gemacht, als die Forschung noch in den Kinderschuhen steckte und nur das auffälligste Object des Weltgebäudes, die Milchstrasse, und die Thatsache, dass sie, wenig vom grössten Kreise abweichend, den Himmel ganz umschlösse, nicht übersehen werden konnte. Dass sie in der Sphäre der Fixsterne das ganze Planetensystem mit umfasse und hier entweder die Stelle bezeichne, wo die beiden Hälften der Sphäre zusammengeschweisst seien oder auch die Spur, die die Sonne früher gewandelt sei, ehe sie den Weg der Ekliptik entlang eingeschlagen, steht uns von den Ansichten der Alten[1]) nicht viel höher, wie die bekannte mythologische Deutung der via lactea in der Herkulessage, und nur die Annahme Demokrit's, dass der Glanz der Milchstrasse erzeugt sei von dem zusammenfliessenden Licht einer sehr grossen Anzahl sehr weit entfernter, dicht gedrängter Sterne, verdient als weiterer Beleg dafür hervorgehoben zu werden, wie nahe z. Thl. die griechische Astronomie der Wahrheit kam, gegenüber der des Mittelalters. Auch die Begründer der modernen Astronomie hatten Ansichten über das Weltgebäude, die lediglich speculativer Natur waren und nur bestehen konnten, weil jede Vorstellung über die wahren Entfernungen der Fixsterne und der Milchstrasse ihnen

[1]) Mehr Einzelheiten über die historische Entwickelung der Ideen über die Milchstrasse finden sich im Annuaire de l'Observatoire royal de Bruxelles 1880, pag. 233.

fremd blieb. Copernicus[1]) hielt bezüglich der Sterne noch an der prima sphaera immobilis fest, Galilei[2]) stellt nur fest, welch eine Fülle neuer Sterne zu den mit unbewaffnetem Auge sichtbaren das von ihm zuerst angewandte Fernrohr offenbarte; Kepler weist im ersten Buche seines Epitome, 1618, der Sonne eine ganz isolirte Stelle in einem leeren Raume im Innern des Sternsystems an und setzt die Entfernungen der Sterne untereinander als viel kleiner voraus, denn ihre Entfernung von der Sonne. Die Sonne nimmt sehr nahe den Mittelpunkt des Sternenringes ein, den die Milchstrasse bildet, weil diese sich als grösster Kreis projicirt. Jenseits der Milchstrasse beginnt der »leere Raum«. Die ganze Materie ist so vertheilt, dass ein Drittel der Masse die Sonne ausmacht, ein zweites Drittel zur Bildung des Planetensystems verwendet ist und das letzte Drittel die Sterne und die Milchstrasse erzeugt hat. Der Abstand der (dünnen) sternbesetzten Kugelschale verhält sich zum Abstande des (äussersten Planeten) Saturn, wie dessen Radiusvector zum Sonnendurchmesser oder wie 2000 : 1, sodass der Sonnendurchmesser den Sternen unter dem Winkel einer zehntel Bogensecunde erscheint (statt $\frac{1}{20}$ wie richtiger wäre) und diese, die viel kleiner sind als die Sonne, uns erst recht keinen Durchmesser zeigen können. Freilich hält Kepler es für denkbar, dass die Sterne der Sonne gleich an Grösse und vielleicht auch von einem Planetensystem umgeben seien, aber er lehnt es ab, diesem Gedanken nachzugehen, »da das Copernicanische System nichts über die Natur der Sterne aussage.«

Huyghens setzt hingegen in seinem 1698 veröffentlichten Cosmotheoros bereits die Sterne der Sonne in jeder Hinsicht gleich, denn inzwischen hatte die Newton'sche Gravitationstheorie die Vertheilung der Massen im Weltall, wie sie Kepler sich dachte, als unmöglich erwiesen. Aus der Unveränderlichkeit der gegenseitigen Stellung der Sterne Mizar und Alcor im Laufe eines Jahres folgert er die ausserordentliche Kleinheit ihrer Parallaxe und versucht einen andern Weg, um zu einer zahlenmässigen Entfernungsbestimmung der Sterne zu gelangen, indem er die Helligkeit des Sirius mit der der Sonne vergleicht, wobei er den Abstand des ersteren zu 28000 auswerthete, also rund 30 Mal zu klein.

Wright hat mit seiner »Theory of the universe, London 1750« jedenfalls das eine grosse Verdienst, Kant zum Nachdenken über die Probleme der Gestaltung des Weltalls angeregt zu haben, wie dies der Königsberger Philosoph selbst hervorhebt in seiner »Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newton'schen Grundsätzen abgehandelt, Königsberg und Leipzig 1755.« Kant spricht hier zuerst diejenigen Ansichten aus, die auch heute noch Geltung besitzen, wenngleich man sie heute als elementare bezeichnen würde. Die Sterne sind sämmtlich Sonnen, mit Planetensystemen umgeben, in denen die Schwerkraft waltet, die aber auch System mit System verbindet. Und wie im Sonnensystem eine Fundamentalebene vorhanden ist, die Ekliptik, in deren Nähe sich die Planeten anordnen, so besteht auch in dem System höherer Ordnung eine Hauptebene und um diese gruppiren sich die Fixsterne so, dass ihre Anzahl in der Nähe derselben am grössten ist, und sie einander um so näher stehen, je mehr sie sich nach der Fundamentalebene zusammendrängen; der vereinigte Glanz so vieler so eng stehender Sterne ist die Milchstrasse. Die Sterne sind Bewegungen unterworfen im Systeme der Milchstrasse und wesentlich

[1]) De revolutionibus. 1543.
[2]) Nuncius sidereus. 1610.

in deren Ebene; sie sind Planeten einer Centralsonne, als welche zu gelten, Sirius das meiste Anrecht hätte. Da die Milchstrasse am hellsten ist in der Gegend des Schwans, so befindet sich die Sonne diesem Theile des Ringes am nächsten und die Centralsonne muss von ihr aus betrachtet dem Schwan gegenüberliegen, was auf Sirius passt. Die Nebelflecke elliptischer Form sind besondere Milchstrassensysteme ausserhalb des unsrigen und eben ihre längliche Form deutet auch in ihnen auf das Bestehen einer Hauptebene. »All die Milchstrassen ordnen sich dann wahrscheinlich wieder in ein System höherer Ordnung und wir stehen auch damit nur am Anfange eines Fortschritts zu immer höheren Ordnungen, die die Unendlichkeit des Weltalls erweisen.«

Fast gleichzeitig mit und unabhängig von Kant kommt Lambert in seinen »Kosmologischen Briefen über die Einrichtung des Weltbaues, ausgefertigt von J. S. Lambert, Augspurg 1761« zu ähnlichen Anschauungen, die uns Modernen aber noch näher stehen. Er unterscheidet im Weltall Systeme von 5 Ordnungen. Das Planetensystem bildet das erste, die Sonne und ihre vielen Schwestersonnen, nämlich all die isolirt am Himmel sichtbaren Sterne sind ein System zweiter Ordnung, ein Sternhaufen, und ebenso wie die einzelnen Planeten durch Räume getrennt sind, die ungeheuer sind im Vergleich zu ihren Durchmessern, so sind die Zwischenräume zwischen den Sonnen des Sternhaufens vieltausendfache von den Ausdehnungen der Planetensysteme. Die Sternhaufen ihrerseits sind durch Räume von einander getrennt, die wieder ihre Durchmesser ganz beträchtlich übertreffen, sie ordnen sich neben- und hintereinander, nicht übereinander, und zwar können demnach nur 6 unserm Sternhaufen gleiche ihm zunächst stehen, wenn die Abstände ungefähr gleich sind; das Hintereinanderstehen der vielen Sternhaufen erzeugt das System dritter Ordnung, die Milchstrasse, und da in verschiedenen Richtungen nicht immer gleich viele stehen, erklärt sich die verschiedene Helligkeit und durch die Abweichung einiger Sternhaufen von der Hauptebene die Verästelung der Milchstrasse. Die grosse Zahl der Milchstrassen im Weltraume ordnet sich in ein System vierter Ordnung, von wo der Weg zu den Systemen fünfter Ordnung vorläufig bloss ein Analogieschluss ist. Auch Lambert setzt für unseren Sternhaufen einen Centralkörper voraus, aber da ihm keiner der Sterne genügende Leuchtkraft für einen solchen zu besitzen scheint, schreckt er vor der Annahme eines riesenhaften, entweder sehr schwach leuchtenden, oder selbst dunkeln Körpers nicht zurück, dessen Vorhandensein vielleicht Störungen in den Bewegungen der äusseren Planeten ebenso verraten möchten, wie wir im Mondlauf Störungen durch die Sonne bemerken. Nicht ganz abgeneigt wäre Lambert, den Orionnebel für diesen von irgend einer nahestehenden Sonne matt erhellten Centralkörper zu halten. Lambert giebt Zahlenwerthe für die Ausdehnungen der Systeme der verschiedenen Ordnungen, die nicht aus der Luft gegriffen sind, sondern ihren Ausgangspunkt daher nehmen, dass er die Parallaxe des Sirius aus photometrischer Vergleichung mit der Sonne erhält.

Auf der gleichen Grundlage baut Michell[1]) auf, indem er in dieser Weise, mit Zwischenschaltung des Saturns die Parallaxe des Sirius bestimmt und sie unter einer Bogensecunde findet, den Sternen 6. Grösse, die Sirius an Licht 400 bis 1000 Mal übertrifft, kämen dann Parallaxen von nur 0″·05 bis 0″·03 zu.

---

[1]) An Inquiry into the probable Parallax and Magnitude of the fixed stars from the Quantity of Light, which they afford us and the particular circumstances of their Situation by the Rev. John Michell. Phil. Transactions vol. LVII, pag. 234. London 1767.

Die Gruppirung der Sterne zu Sternbildern ist ihm nicht lediglich ein Spiel des Zufalls, wenngleich die Einbeziehung irgend eines Sterns in ein bestimmtes Sternbild natürlich Sache der Willkür ist. Denn die Sterngruppen scheinen ihm durch ihren Anblick physische Zusammengehörigkeit anzuzeigen, zumal er findet, dass nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit, die er zuerst auf diese Fragen anwendet, z. B. die beiden Sterne α^1 und α^2 *Capricorni* nur $\frac{1}{80}$ als Wahrscheinlichkeit für ein so nahes Nebeneinanderstehen als Ergebniss zufälliger Vertheilung für sich hätten. Das sind Ansichten, die z. Thl. ganz neuerdings ausgesprochen sind, wenn wir z. B. aus der parallelen Bewegungsrichtung der Sterne im Gürtel des Orion und anderer auf eine geringe räumliche Distanz derselben von einander schliessen, oder wenn HÖFFLER[1]) nachweist, dass von den 7 Sternen des grossen Bären 5 von einer Kraft getrieben hinter einander den Raum durchsausen. Andrerseits hat die berühmte Spekulation über das Verhältniss der Zahl der optischen zu den physischen Doppelsternen MICHELL zum Urheber, der ausführt, dass eine halbe Million gegen 1 zu wetten sei, dass die 6 hellen Plejadensterne nicht durch Zufall so nebeneinander stehen. Er hält es für sehr wahrscheinlich, dass die Sonne selbst mit einigen Sternen, die vielleicht 350, vielleicht auch 1000 an Zahl sein mögen, einen besonderen Sternhaufen im Sternenheere bilde und kommt damit wieder mit ganz modernen Ergebnissen überein.

Und doch bei aller theilweisen Anerkennung, die wir den Ansichten der genannten haben zollen können, welch ein Unterschied zwischen ihnen und dem nächsten in der Reihe der Erforscher des Weltgebäudes, WILHELM HERSCHEL, dem Astronomen von Slough. Jene combinirten bekanntes zu theils nur geistvollen, theils richtigen Hypothesen. Dieser stellte zum ersten Male umfangreiche Beobachtungsreihen an, um auf Grund solcher neu gewonnenen Thatsachen ein weit sichereres Gebäude aufzuführen und schuf sich die dazu nöthigen Instrumente mit eigener Hand. Die von ihm angewandte Methode[2]) war die der Stern-Aichungen (star-gaugings, jauges d'étoiles) und bestand darin, dass er die Sterne zählte, die in einer bestimmten Zeit das 15′ 4″ im Durchmesser haltende Feld seines 20-füssigen Spiegelteleskops passirten. Die Grundidee (die er später selbst als lückenhaft erkannte) war die: Wenn die Sterne gleichförmig im Raume vertheilt sind und wenn das angewandte Fernrohr bis zur äussersten Grenze unseres Systems vordringt, so sind alle darin sichtbaren Sterne in einem Kegel enthalten, dessen Spitze im Auge liegt und dessen Oeffnungswinkel constant ist, nämlich gleich dem Durchmesser des Gesichtsfeldes, dessen Höhe aber veränderlich ist, wenn nicht das Milchstrassensystem zufällig eine Kugel mit der Sonne in der Mitte sein sollte. Die Anzahl der gleichförmig in einem solchen Kegel vertheilten Sterne würde der dritten Potenz seiner Höhe proportional sein, und somit ergeben die Abzählungen der Sterne in dem nach verschiedenen Stellen des Firmaments gerichteten Rohre die Entfernungen der Grenzen unsres Sternsystems an der betr. Stelle. Das Gesichtsfeld des HERSCHEL'schen Teleskops entspricht dem 833000. Theile des ganzen Himmels, aber selbst in der Zone, wo HERSCHEL ausschliesslich aichte, in + 45° bis — 30° Deklination, wären über 500000 Gesichtsfelder erforderlich gewesen, um die ganze Fläche zu bedecken. HERSCHEL begnügte sich daher mit ungefähr 3400 Stichproben, die er leider nicht äquidistant anlegte und die er selbst, nahestehende Felder zusammenziehend, in 683 Mittel vereinigte. Die Zone, auf welche er sich beschränkte,

[1]) Ueber die Parallaxe des Systems Ursa major. A. N. 3456.

[2]) On the construction of the heavens. Phil. Transactions 1784 und 1785.

erschien ausreichend, da sie sowohl den einen Pol der Milchstrasse, wie diese selbst in grosser Ausdehnung enthält.

Die Gestalt des Milchstrassensternhaufens untersucht HERSCHEL nun in einem Schnitte, der 35° gegen den Himmelsaequator geneigt, seinen Knoten in 124½° hat. In ihm liegen die Sternbilder des Adlers, des Wassermanns, des südlichen Fisches, der Waage, des Eridanus, des Hasen, des Einhorns, der Hydra, des Löwen, des Haares der Berenice, der Jagdhunde, des Bootes, der Krone und des Herkules. Die jeweiligen Radien-Vectoren, d. h. die dritten Wurzeln der Sternzahlen, trägt HERSCHEL in einer oft reproducirten Zeichnung auf, welche diesen zur Milchstrassenebene ungefähr senkrechten Schnitt versinnbildlicht. Die Sonne befindet sich ungefähr in der Mitte. Die Längsaxe der Figur ist zu 850 Siriusweiten, die kleine Axe zu 155 solchen angenommen, das Verhältniss beider Axen ist also 11:2. Die grösste Entfernung der Grenze von der Sonne liegt in der Richtung des Sternbildes des Adlers, wo die zweigetheilte Milchstrasse sich auf 497 resp. 420 Siriusweiten erstreckt, ein leerer Raum gähnt zwischen beiden Aesten, die erst 220 Siriusweiten von der Sonne entfernt sich vereinigen. Auf der entgegengesetzten Seite ist die Grenze der einfachen Milchstrasse im grossen Hunde nur 352 Siriusweiten entfernt. Die grösste Entfernung in diesem Schnitt vom Einhorn zum Adler würde das Licht erst in 12920 Jahren durchmessen.

Aber HERSCHEL arbeitete rastlos an seinen Ideen weiter und hat sie stufenweise fortschreitend in 12 weiteren Abhandlungen[1]) niedergelegt, die in den »Philosophical Transactions« von 1786, 1789, 1791, 1794, 1796, 1799, 1802, 1806, 1811, 1814, 1817 und 1818 erschienen sind. Er erkannte, vor allem seit er das 20-füssige Teleskop durch Beseitigung des zweiten Spiegels lichtstärker gemacht und zumal nach Anwendung des 40-füssigen, dass er weder die Sterne als gleichförmig vertheilt annehmen dürfe, noch daran festhalten könne, dass er mit seinem Fernrohr bis zu den Grenzen der Milchstrasse vorgedrungen sei. Schon im 20-Füsser war er auf 6 Stellen in der Milchstrasse gestossen, die es ihm nicht gelang, in Sterne aufzulösen, der neblige Schimmer blieb, also durchdrang das Fernrohr den Raum nicht bis zu jenen Sternen, obwohl es den Blick 75 Mal weiter in die Tiefen des Himmels führte, als das unbewaffnete Auge dies that, und auch der 40-Füsser vermochte hier keine Auflösbarkeit zu erzielen. HERSCHEL sieht also das erhoffte Resultat seinen Händen entgleiten. Die Milchstrasse selbst bleibt unauflösbar, nur ausserhalb derselben zeigen ihm seine Hilfsmittel die Grenzen der Welt. Wenn aber die Hypothese gleichförmiger Sternvertheilung nicht aufrecht erhalten bleiben kann, so lassen sich diese Grenzen nur abstecken, wenn eine photometrische Abstufung der Sterne in jedem Gesichtsfeld hinzutritt. Diesen neuerdings mit Erfolg durchgeführten Gedanken hatte HERSCHEL schon, nur waren eben in seinen Aichungen die Sterne nicht nach Helligkeitsklassen abgezählt. Als Endergebniss mehr als 30-jähriger Bemühungen, kommt HERSCHEL zu dem Schlusse, dass die Milchstrasse eine ungeheure Ansammlung grösstentheils unregelmässig gebauter Sternhaufen sei, untermischt mit schwächer leuchtenden Nebelparthieen. Ihre Dicke ist klein gegenüber der Längsausdehnung, doch ist das Verhältniss nicht angebbar.

Den nächsten Schritt that F. G. W. STRUVE, dem ein geeignetes Material in die Hand gegeben war durch die unter seiner Leitung von WEISSE catalogi-

---

[1]) STRUVE stellt in seinen »Études d'astronomie stellaire« diese Abhandlungen auf pag. 19 und 20 der Notes übersichtlich zusammen.

sirten BESSEL'schen Zonen zwischen 15° nördlicher und südlicher Deklination, wobei er für die Zwecke der Untersuchung der Sternvertheilung dieses Material in sinnreicher Weise umarbeitete, um aus den beobachteten Sternen die Anzahl der vorhandenen der gleichen Grösse zu ermitteln. Diese ganze Untersuchung findet sich ausführlich[1]) auf pag. XII bis L der von STRUVE geschriebenen Praefatio editoris zu dem Cataloge *W*, eingeleitet mit den bescheidenen Worten *Res a proposito non aliena videtur, quaerere quantam partem stellarum in coelo inter certos magnitudinis limites exstantium zonae Besselianae offerant* und allmählich weitergeführt zu der ersten klassischen Untersuchung über die Vertheilung der Fixsterne. In den »Études d'astronomie stellaire, St. Petersbourg 1847« referirt STRUVE selbst die gleiche Arbeit und erweitert sie noch. Die Ueberlegung aber, die STRUVE anwandte, geht davon aus, wieviel Sterne BESSEL einmal, wieviel er zwei-, drei-, vier- und fünfmal beobachtet hat. Die Königsberger Zonen waren bekanntlich 2° hoch gedacht, doch so, dass 6' im Norden und Süden zugegeben wurden; ausserdem griffen die Zonen in R. A. ein wenig in einander über und stellenweise wurden ganze Zonen wiederholt. STRUVE berechnet nun den Theil der Fläche zwischen den Parallelen + 15° und —15°, der zweimal resp. dreimal und mehr von den Rechtecken der Zonen bedeckt wird, in welchem also die Sterne zweimal resp. dreimal und mehr beobachtet werden konnten und findet dann aus der Zahl der thatsächlich mehrfach beobachteten Sterne im Verhältniss zu den einmal beobachteten, die wahrscheinlichste Zahl der dort überhaupt existirenden; davon aber nicht vollkommen befriedigt, zieht er den Catalog von PIAZZI heran, und reduzirt zunächst die Grössen beider Cataloge genau auf einander, dann stellt er die Zahl der von BESSEL und von PIAZZI beobachteten Sterne r resp. s und der darunter beiden gemeinsamen c für die Klassen 1.—6. Grösse, 7. Grösse und 8. Grösse auf und berechnet die Zahl Z der überhaupt dort vorhandenen nach $Z = \frac{r \cdot s}{c}$ und zwar für die einzelnen Rectascensionsstunden. Dieser an und für sich richtige Wahrscheinlichkeitskalkül kann nur darum nicht ganz zutreffen, weil zwar BESSEL aus der Fülle der den Meridiankreis passirenden Sterne ohne Programm die herausnahm, auf welche das in Deklination hin- und herbewegte Rohr traf, während PIAZZI wenigstens für die helleren Sterne bis zur 7. Grösse ein Programm hatte, wie die häufige Wiederbeobachtung derselben zeigt, sodass hier der Zufall, der stets bei Wahrscheinlichkeitsrechnungen vorausgesetzt werden muss, nicht frei gewaltet hat. Da die Zahl der Sterne 9. Grösse bei PIAZZI zu klein ist, um hier ähnlich vorzugehen (eben weil für diese PIAZZI das Arbeitsprogramm aus früheren Catalogen fehlte) so schliesst STRUVE auf die Zahl der existirenden Sterne 9^m, indem er die Anzahl der von BESSEL ein-, zwei-, drei- und viermal beobachteten Objecte dieser Klasse einer neuen ziemlich komplicirten Wahrscheinlichkeitsrechnung zu Grunde legt, für welche er die ein-, zwei-, drei- und viermal beobachteten Sterne 8. Grösse in Beziehung setzt zu den vorhandenen, die er der früheren Rechnung entnimmt.

Nachdem so die Zahlen der Sterne im Areale der 30° breiten äquatorealen Zone nach Rectascensionsstunden errechnet sind, hält STRUVE es für die helleren Klassen noch für richtiger, mit Hilfe der ARGELANDER'schen Uranometria die Vertheilung der Klasse 1.—5. Grösse abzusondern, denen also dann 4 weitere,

[1]) Zum ersten Male spricht STRUVE von seinen Arbeiten in dieser Richtung in der Einleitung zu seinem »Catalogus novus stellarum duplicium 1827«, pag. XXXIII bis XXXV.

6. Grösse nach ARGELANDER, sowie 7. 8. 9. Grösse nach BESSEL angefügt sind. Eine graphische Darstellung der fünf Dichtigkeitscurven am Schlusse des WEISSE-schen Cataloges zeigt dann sehr deutlich, dass die Sternzahlen zwei scharf ausgeprägte Maxima besitzen, da wo die Milchstrasse den Aequator schneidet, nämlich bei 6^h und bei 19^h, allerdings fallen die Curven für die verschiedenen Sternklassen recht verschieden aus, bei den hellsten Sternen ist das Maximum bei 19^h gar nicht vorhanden, das bei 6^h dagegen viel stärker ausgeprägt, als bei den übrigen; überhaupt ist das Dichtigkeitsmaximum in der Milchstrassenzone bei 6^h weit stärker, als das gegenüberliegende bei 19^h.

Im Gegensatze dazu ordnet nun STRUVE auch die in diese Zone fallenden Sternaichungen HERSCHEL's nach Stunden und giebt die relativen Dichtigkeiten an, die mittlere gleich 1 gesetzt, dieselben schwanken von 0·18 in Stunde 11^h, bis zu 2·64 in Stunde 6^h, dem einen Maximum, und bis 3·78 in Stunde 19^h, dem anderen Maximum, der Spielraum ist also weit grösser als bei den Sternen, wo der Mindestzahl 1518 in Stunde 0^h eine Meistzahl von nur dem dreifachen 4422 in Stunde 6^h gegenüberstand. Ausserdem fallen die Maxima in der Darstellung der Sternaichungen viel steiler ab, als in denen der Sternzahlen. Dies zeigt, dass die letzten in den Sternaichungen erreichten Sterne weit jenseits der Sterne 9. Grösse liegen und dass unser Sternsystem die Form einer flachen Scheibe hat, in deren Längsrichtung die HERSCHEL'schen Sternaichungen mit den grössten Zahlen liegen. Die Ansicht STRUVE's, dass die Anhäufung der Sterne bis zur 9. Grösse nach der Milchstrasse hin das optische Phänomen der Milchstrasse erzeuge, wird heute nach den Untersuchungen EASTON's (siehe weiter unten) nicht mehr getheilt werden können.

Die Linie, die die beiden Stellen geringster Dichtigkeit der BESSEL'schen Sterne in $1^h\,30^m$ und $13^h\,30^m$ verbindet, bildet mit der Axe der grössten Dichtigkeiten, die nach $6^h\,40^m$ und $18^h\,42^m$ zielt, nicht einen rechten, sondern nur einen Winkel von 78°. Aus dem Umstande, dass die Sterne der 1. bis 6. Klasse ihre Dichtigkeitsmaxima jedoch nicht in einem solchen Abstande von 12^h haben, sondern bei $5^h\,29^m$ und $20^h\,30^m$, also ungefähr 15^h auseinander, folgt, dass die Sonne nicht genau in der Symmetrieebene des Systems steht, die beiden Punkte, wo die Kugel, die mit dem Radius der Sterne 6. Grösse um die Sonne geschlagen ist, die Symmetrieebene im Himmelsäquator schneidet, haben Fahrstrahlen, welche einen Winkel von 225° mit einander bilden. Das Perpendikel von der Sonne auf diese Ebene verhält sich also zum Einheitsradius wie $\sin 22\frac{1}{2}°:1$, d. h. es ist 0·38; um soviel also steht die Sonne von der Symmetrieebene ab, oder ungefähr um die Entfernung der Sterne dritter Grösse. Die Sonne weicht von der Symmetrieebene nach dem Sternbilde der Jungfrau zu ab, nach 13^h, also nach Norden. Allerdings weist das Auftreten besonders heller Sterne in der Richtung des Orion und die verhältnissmässige Sternarmuth beim Ophiuchus auf unregelmässige Kondensationen selbst in diesem innersten Theile des Milchstrassensystems hin.

In den »Études d'astronomie stellaire« erweitert STRUVE diese Untersuchungen noch nach zwei Richtungen hin. Er zeigt zunächst die symmetrische Anordnung der Sternzahlen in der äquatorealen Zone zu den Stunden 6^h und 18^h, derart, dass in den Stunden von der Form $(0 \pm 6 \pm \varepsilon)^h$, wo ε von 6 bis 0 abnimmt, gleichviel Sterne stehen und sich die Zunahme an einem Quadranten studieren lässt; freilich geht man von $6^h\,30^m$ nach $18^h\,30^m$, so findet man dort 7116 Sterne bis 8. Gr., während von $18^h\,30^m$ bis $6^h\,30^m$, deren 7344 zu finden sind, diese geringe Abweichung von der Symmetrie beweist aber nur ähnlich wie die analogen Zahlen aus den HERSCHEL'schen Sternaichungen die Abweichung der Sonne in der Richtung

nach 13^h. Allerdings ist bei den Zahlen der HERSCHEL'schen Sterne der gleiche Ueberschuss procentual so viel grösser, dass der Gedanke nicht abzuweisen ist, dass auch in der Hauptebene die Vertheilung nicht gleichmässig ist, und dass die Abnahmen zu beiden Seiten derselben nicht gleichförmig vor sich gehen. Eine allgemeine Vorstellung von der Abnahme der Sterndichtigkeit in Schichten, die parallel der Hauptebene liegen, gewinnt aber STRUVE, indem er die HERSCHEL-schen Aichungen in der Zone der BESSEL'schen Sterne zu Mitteln zusammenfasst nach galaktischen Breiten, die von 15 zu 15° wachsen. Er findet für die galaktische Breite $\varphi = 0$, 15, 30, 45, 60° die resp. Sternzahlen im Felde des HERSCHEL'schen Teleskopes zu 122·00, 30·30, 17·68, 10·36, 6·52, und wagt wegen zu geringer Zahl der für $\varphi = 75$ und $\varphi = 90°$ vorhandenen Aichungen die Werthe für diese Breiten nicht hinzuzufügen. Jene fünf stellt er dann durch die Formel

$$z = \frac{6{\cdot}5713 - 5{\cdot}03 \cos 2\varphi - 1{\cdot}39 \cos 4\varphi}{1 - 1{\cdot}23088 \cos 2\varphi + 0{\cdot}23212 \cos 4\varphi}$$

strenge dar, die für $\varphi = 75°$ resp. 90°, $z = 4{\cdot}69$ resp. 4·15 geben würde. Eine Integration führt damit auf 20374034 als Zahl der HERSCHEL'schen Sterne über den ganzen Himmel. Die Dichtigkeit ρ der Sterne im vertikalen Abstande x (wo $x = 1$ der Entfernung der letzten HERSCHEL'schen Sterne entspricht) von der Hauptebene findet dann STRUVE als Function dieses Abstandes und, wenn die Dichtigkeit in der Hauptebene $= 1$ gesetzt wird, zu

$$\rho = \frac{1 + 395{\cdot}90x^2 + 67607{\cdot}7x^4 + 10134{\cdot}5x^6 - 110063x^8}{(1 + 487{\cdot}74x^2 + 1497{\cdot}55x^4)^2}$$

Er werthet die Formel für aequidistante x aus bis $x = 0{\cdot}8660 = \sin 60°$; weiter will er nicht gehen, weil das eine Extrapolation sein würde. Es zeigt sich deutlich die rasche Abnahme der Dichtigkeit mit dem Abstande von der Hauptebene, schon für $x = \frac{1}{20}$ ist sie unter $\frac{1}{2}$, für $x = \frac{1}{2}$ unter $\frac{1}{11}$ und für $x = 0{\cdot}866$ kaum $\frac{1}{200}$. Setzt man den mittleren Abstand der Sterne von einander in der Hauptebene gleich 1, so verhalten sich offenbar die Kuben der durchschnittlichen Abstände der Sterne umgekehrt wie die Dichtigkeiten und die Abstände sind daher an der Grenze der Untersuchung d. h. im Abstande 0·8660 von der Hauptebene 5·729 mal so gross wie in dieser. In analoger Weise leitet nun STRUVE für die Sterne BESSEL's 1.—7. Grösse und 1.—8. Grösse Formeln ab, welche ihre Anzahlen als Function der galaktischen Breite und ihre Dichtigkeit als Function des Abstandes von der Hauptebene darstellen, indem er den Radius der Kugeln, die diese Sterne einschliessen, gleich 1 setzt. In dem Abstande 1, d. h. für senkrecht über uns in Bezug auf die Milchstrasse stehende Sterne erhält er dann die Dichtigkeiten 0·40525 resp. 0·28410. Die gleichen Dichtigkeiten aber kann er auch ableiten aus der oben angeführten Dichtigkeitsformel für die HERSCHEL-schen Sterne, wenn er nur die Radien der beiden Sphären der Sterne $1-7^m$ resp. $1-8^m$ in Einheiten des Radius der HERSCHEL'schen Sterne ausdrückt; dies thut er, indem er die Stern-Zahlen der drei Klassen (und auch der Sterne $1-9^m$) für gleiche Flächen berechnet und die Radien den dritten Wurzeln aus den Sternzahlen proportional setzt. So findet STRUVE

für den die Sterne $1-9^m$ einschliessenden	Radius	0·16567	von dem, der die HERSCHEL'schen Sterne einschliesst.
„ „ „ „ $1-8^m$	„	„ 0·10907	
„ „ „ „ $1-7^m$	„	„ 0·06338	

Geht man mit den beiden letzten Zahlen in die obige Dichtigkeitsformel für ρ ein, so ergiebt diese 0·41365 resp. 0·31083 als Sterndichte in dem Abstand der Sterne 7. resp. 8. Grösse von der Hauptebene und diese Zahlen stimmen so

nahe mit den aus den besonderen Dichtigkeitsformeln gefundenen 0·40525 und 0·28410 überein, dass Struve darin eine ausreichende Prüfung seiner Annahmen erblickt. Endlich zieht er noch die ersten 6 Helligkeitsklassen der Argelander-schen Uranometrie in Betracht und leitet für sie ebenfalls die Radien ab. Er setzt dabei die mittlere Entfernung eines Sterns der Grösse n dahin fest, dass er darunter den Radius einer Kugel versteht, deren Volumen das Mittel hält zwischen den Kugeln, deren Oberflächen resp. die Sterne bis $(n-1)$ter und bis $n$ter Grösse einschliessen. Indem er endlich alles auf den mittleren Abstand der Argelander'schen Sterne 1. Grösse reducirt, schliesst er mit folgender Tafel ab für die Radien der Kugeloberflächen, welche einschliessen alle Sterne

Argelander's bis zur Grösse 1	1·26	Bessel's bis zur Grösse 6 . .	8.22
„ „ „ „ 2	2·14	„ „ „ „ 7 . .	14.44
„ „ „ „ 3	3·20	„ „ „ „ 8 . .	24.84
„ „ „ „ 4	4·44	„ „ „ „ 9 . .	37·74
„ „ „ „ 5	6·21	und endlich alle Sterne, welche Herschel's Aichungen zeigen würden.	227·78
„ „ „ „ 6	8·87		

Eine Kritik dieser Zahlen für später vorbehaltend, heben wir mit Struve die wichtigsten Ergebnisse seiner letzten Untersuchungen nochmals heraus. Die letzten dem unbewaffneten Auge sichtbaren Sterne sind beinahe neunmal so weit entfernt, als die erster Grösse, die schwächsten von Bessel beobachteten Sterne sind noch viermal weiter entfernt als das unbewaffnete Auge in den Raum vordringt, und die sechsfache Entfernung der von Bessel's Meridiankreis erreichten Sterne führt uns erst zur Grenze von Herschel's Sternaichungen.

Soviel über die Untersuchungen Struve's, die, soweit auch die reicheren Hilfsmittel unserer Zeit über seine Ergebnisse, die grösstentheils auf künstlich berechnete, nicht auf wirklich beobachtete Zahlen sich gründen mussten, hinausgeführt haben, immer eine Epoche in der Geschichte der Anschauungen über das Universum bilden werden, als der erste Versuch, die räumliche Vertheilung der Fixsterne der Rechnung zu unterwerfen. Zugleich erscheint es angemessen, hier die historische Reihenfolge in den Arbeiten zu verlassen, einmal weil die wichtigsten Ergebnisse, die sich um den Namen Easton für die Milchstrasse und Seeliger für die Sternvertheilung gruppieren, doch beinahe alle neueren Datums sind, und dann weil zuvor das reichlich im Laufe der Jahrzehnte angehäufte Material aufzuzählen ist.

Die Milchstrasse.

Was zunächst die Milchstrasse selbst angeht, so liefert u. A. eine eingehende Beschreibung ihres Verlaufes der jüngere Herschel in seinen »Outlines of Astronomy, London 1849«, art. 786 ff. Derselbe lässt sich wohl angeben nach den Sternbildern, durch die er führt, unmöglich aber kann eine Beschreibung eine klare Vorstellung von all den verschiedenen Verästelungen und feinen und feinsten Lichtabstufungen in der Milchstrasse geben. Fangen wir mit der Cassiopea an, wo die beiden Sternhaufen G. C. 5031 und 341 in unverkennbarem Zusammenhang mit der Milchstrasse stehen, so wendet sich diese dann mit wachsendem Glanze nach dem Schwan, wo ihre Zeichnung besonders auffällig und kontrastreich ist. Eine schon angedeutete Theilung wird zur völligen Spaltung im Adler, wobei der südliche Zweig der breitere und hellere ist, der nördliche bricht sogar in der Schlange vollständig ab. Im Skorpion sind wieder beide Theile sichtbar und hier erreicht auch die Milchstrasse ihre grösste Breitenausdehnung. Im

Schützen wird dann der südliche Zweig besonders hell. Immer noch getrennt ziehen beide Theile durch das Winkelmaass und den Wolf weiter und vereinigen sich dann im Kreuz, wo sofort die Milchstrasse ihre geringste Breite hat. Hier ist auch ein wirkliches Loch in der Milchstrasse, der sogenannte grosse Kohlensack. Der Glanz derselben wird beim weiteren Verlauf durch das Sternbild des Schiffes stellenweise so schwach, dass man an eine völlige Unterbrechung denken könnte. Auch nach dem Eintritt in das Einhorn ist die Milchstrasse recht schwach, bleibt so zwischen Orion und Zwillingen, tritt dann im Fuhrmann kräftiger auf und zieht in wunderbar verästelter Struktur leuchtend durch den Perseus zur Cassiopea, von der wir ausgingen.

So stark auch die Abweichungen im einzelnen sein mögen, im Grossen und Ganzen legt sich die Milchstrasse symmetrisch um einen grössten Kreis. Die genaue Bestimmung seiner Lage ist ausserordentlich schwierig. Dies wird am deutlichsten, wenn die Werthe für den Ort des Pols, nebst dem Aequinoctium, auf das er bezogen ist, und den sphärischen Radius dieses grössten Kreises hier zusammengestellt werden, wie sie verschiedene Beobachter angenommen haben.

	Aequ.	α	δ	R	
Herschel .	1785	186°	32°	—	Phil. Transactions. 1785, pag. 253.
Struve . .	1825	189 30′	30 50′	93° 5′	Catalogus Regiomont. Introductio.
„ . .	1825	189 30	31 30	—	Etudes d'astronomie stellaire.
Argelander	1800	189	28 30		Ueber die Eigenbewegung des Sonnensystems § 7.
„	1800	189 15	31 28		Bonn. Beob. Bd. V. Einl. § 3. Anm.
„	1855	188 15	30		Bonn. Beob. Bd. V. Einl. § 3.
Houzeau .	1880	191 8	28 47	90 48	Uranométrie générale.
„ .	1880	192 17	27 30	90 20	„ „
Houzeau-	1880	191 9·5	29 19	90 35·4	Ristenpart. Untersuchungen
Ristenpart .	1880	190 24·3	28 13	91 16·2	über die Constante der Präcession.
Gould . .	1875	190 20	27 21	90 ∓ 6	Uranometria Argentina.

Zunächst hinter dem Namen steht das Aequinoctium, auf welches sich die beiden Coordinaten beziehen, die letzte Columne giebt den sphärischen Abstand des grössten Kreises von diesem Pol. Herschel's Werth ist aus seinen Sternaichungen abgeleitet. Struve's Werthe beruhen auf der Bessel'schen Zone von + 15° bis — 15° Deklination. Argelander's erster Werth ist aus dem Verlaufe der Milchstrasse in dem Atlas von Bode's Uranographie abgeleitet, der zweite nur aus dem nördlichen Theile derselben, der dritte ist ein Mittel aus dem ersten und dem Herschel'schen mit Rücksicht auf Präcession.

Houzeau zeichnet in der »Uranométrie générale, Annales de l'observatoire royal de Bruxelles, nouvelle série, tome I, Bruxelles 1878«, die Milchstrasse nach eigenen Beobachtungen auf beiden Hemisphären und zwar in 4 verschieden hellen Nuancen. Die Stellen grössten Glanzes glaubt er als Schwerpunkte der Milchstrasse in nächster Umgebung betrachten zu dürfen. Er hebt 33 solcher *points d'éclat maximum* heraus, deren Helligkeiten zwischen 4. und $6\frac{1}{2}$. Sterngrösse liegen und löst die Aufgabe, den Punkt zu finden, von dem alle 90° abstehen, indem er Struve's Pol annehmend, dazu ein $d\alpha$ und $d\delta$ bestimmt, das giebt das erste oben angeführte Resultat als Pol, und 90° 48′ für den mittleren Abstand anstatt wie angenommen 90°. Das zweite Resultat findet Houzeau, indem er den einzelnen *points* Gewichte zwischen 4 und $\frac{1}{4}$ je nach ihrer Helligkeit ertheilt. Strenger wäre es gewesen, nicht die Annahme zu machen, dass die Milchstrasse

ein grösster Kreis wäre, sondern den sphärischen Abstand ihrer Mittellinie von dem Pole mit als Unbekannte einzuführen. Dies thut RISTENPART mit den HOUZEAU'schen 33 Punkten nach den Formeln, die auf pag. 251 des IV. Heftes der »Veröffentlichungen der Grossh. Sternwarte Karlsruhe« entwickelt sind, und erhält so ohne Unterscheidung von Gewichten den dritten Werth. Der vierte resultirt nach Ausschliessung eines stark abweichenden Punktes und beweist durch die grosse dadurch bewirkte Aenderung die Unsicherheit des Resultates. Die 33 Punkte HOUZEAU's sind übrigens recht ungünstig vertheilt. 23 derselben liegen zwischen 16^h und 22^h, also auf $\frac{1}{4}$ des Umkreises beisammen. Es scheint daher dem Referenten der andere Weg empfehlenswerther, den GOULD in der Uranometria Argentina (»Resultados del observatorio nacional Argentino en Cordoba, Vol. I, 1879«) eingeschlagen hat. Dieser hat aus seinen resp. THOME's genauen Zeichnungen des Verlaufes der Milchstrasse südlich von + 10° Deklination und den HEIS'schen Angaben für den Nordhimmel für jede halbe Rectascensionsstunde die Deklination der Mitte einer möglichst senkrecht die Milchstrasse durchschneidenden Graden bestimmt. Von den 48 Punkten wurden zunächst die ausgeschlossen, welche in $15\frac{1}{2}^h$ bis $19\frac{1}{2}^h$, wo die grosse Spalte sich befindet, lagen. Die übrigen schlossen sich sehr schön einem grössten Kreise an, von dem nur 2 um mehr wie 35' abwichen, während $16\frac{1}{2}'$ die mittlere Abweichung war, und dessen Pol oben angeführt ist. Nach GOULD steht also die Sonne genau in der Ebene der Milchstrasse, nach den HOUZEAU'schen Bestimmungen würde sie dem Nordpole der Milchstrasse näher stehen. Höchstens könnte man nach GOULD auf eine Abweichung der Milchstrasse von 6' nach Norden von jenem grössten Kreise schliessen (wenn man die Trennungsstelle ausser Acht lässt; mit Rücksicht auf diese würde im Gegentheil die Mittellinie 6' nach Süden zu liegen kommen).

Die grosse Trennung in der Milchstrasse geht vom Schwan bis nahe zu α Centauri. Die Mitten beider Zweige entfernen sich am weitesten auf 17°40' der Zweig in der kleineren Rectascension ist scharf unterbrochen auf eine Länge von 8° im Ophiuchus von — 2° bis — 10° Declination. Im Innern der Trennung ist auch vielfach schwacher Lichtschimmer zu bemerken, doch lassen sich die inneren Grenzen beinahe so scharf ziehen wie die äusseren. Die Trennung geht über 100 Deklinationsgrade und 6 Rectascensionsstunden hinweg in einer Gesammtlänge von 125°.

Die Mittellinie der beiden Aeste würden übrigens nach GOULD durch 2 kleine Kreise dargestellt, deren Coordinaten sein würden für den

	α	δ	R
vorangehenden	182° 25'	27° 55'	89° 8'
folgenden	196 30	27 32	92 39

Indessen ist die Position dieser Kreise insofern schwierig zu bestimmen, als die beiden Aeste der Milchstrasse wieder Verästelungen und Kanäle zeigen. Der am meisten ausgeprägte und wichtigste Fall ist bei der grossen Unterbrechung des vorangehenden Zweiges zu finden. Hier ist ein über 20° langer, heller und gewundener Streifen in dem Schwanze der Schlange und der nördlich vorangehenden Ecke des SOBIESKI'schen Schildes vorhanden, der nahezu von beiden Aesten isolirt ist; rechnet man ihn zum folgenden Aste, so wird dessen Mittellinie weit nach Westen weggezogen, und der vorangehende ist thatsächlich abgebrochen. Betrachtet man ihn aber als die Fortsetzung des vorangehenden, so ist er für diesen immerhin nur ein ganz schmales Band, welches da ansetzt, wo vorher der innere Rand des Astes war. GOULD glaubte nach langem

Schwanken ihn zum folgenden Ast rechnen zu sollen, sodass der vorangehende thatsächlich in Nichts endigt.

Die Breite der Milchstrasse ist sehr verschieden und verschiedener Auffassung fähig je nach der Durchsichtigkeit der Luft. GOULD giebt auf pag. 379 für jeden Punkt galaktischer Länge (die Längen vom aufsteigenden Knoten der Milchstrasse auf dem Aequator in 280° 20′ an gezählt) und zwar von 5 zu 5°, die Breite der Milchstrasse einmal so, wie sie jederzeit bei unbewölktem Himmel sichtbar ist und dann wie sie in vollständig klaren Nächten bei aussergewöhnlich durchsichtiger Luft sich gestaltet. Die allergrösste Breite liegt in der galaktischen Länge 210° ($\alpha = 7^h 41^m$, $\delta = -26°$) mit 57°·0 (von denen nur 24°·5 leicht sichtbar sind), die engste bei 345° ($\alpha = 18^h 13^m$, $\delta = -15°$) mit 24°·8 (von denen aber 24°·1 immer gesehen werden); die zweitengste Stelle dagegen mit 26°·2 in 145° Länge ($\alpha = 5^h 30^m$, $\delta = +30°\frac{1}{2}$) schrumpft für gewöhnlich auf 9°·4 zusammen.

Es fällt auf, dass die breitesten Stellen der Milchstrasse in 160° bis 225° Länge liegen, ungefähr gegenüber der Verdopplung in 280° bis 50° Länge, wo also auch durch dieses Phänomen eine grosse Gesammtbreite erzeugt wird. Die engsten Stellen, die zugleich besonders hell sind, liegen in 105° bis 150° und 255° bis 270° Länge, wieder ungefähr einander gegenüber. Und man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, als ob in grossen Zügen hier zwei Milchstrassenringe wirksam wären, die, beide nahe grösste Kreise, um 14° gegen einander geneigt sind, und sich in den engen Stellen für unseren Standpunkt verdecken, während in der ganz breiten Stelle, die eine unmerklich in die andere übergeht.

Soviel über die Lage der Milchstrasse. Was nun die Feinheiten ihrer Struktur angeht, so ist eine Beschreibung ganz unzulänglich und nur Zeichnung kann hier wirken. Auch diese aber ist schwierig herzustellen, weil eben geradezu Künstlerhand dazu gehört, um dem allmählichen Ineinanderübergehen der verschiedenen Lichtnuancen den rechten Ausdruck zu verleihen. Zwei gute Darstellungen haben wir schon in HOUZEAU's und THOME's Arbeiten kennen gelernt.

In den »Results of Astronomical Observations made during the years 1834—8 at the Cape of Good Hope by J. F. W. HERSCHEL, London 1847«, findet sich auf *plate* XIII der beigegebenen Karten eine Darstellung der Partie vom Antinous bis zum Einhorn.

BOEDDICKER hat auf der Sternwarte des Lord ROSSE zu Birr Castle, Parsonstown mit besonderer Sorgfalt die Milchstrasse bis zu — 10° Deklination in 4 Zeichnungen auf Blättern von 18 zu 23 Zoll in stereographischer Projection dargestellt und als Frucht 5-jähriger Arbeit der Royal Astronomical Society 1889 vorgelegt[1]), und 1892 bei LONGMAN, GREEN & Co. in London erscheinen lassen. Ein Jahr später hat EASTON in Dordrecht einen besonderen Atlas der Milchstrasse herausgegeben[2])' der ebenfalls nur die Gegend bis zum Orion einerseits und zum SOBIESKI'schen Schilde andererseits umfasst. WESLEY vergleicht in einem Referate in »Observatory Vol. XVII«, pag. 57 anlässlich einer Besprechung der EASTON'schen Arbeit diese mit der von BOEDDICKER und stellt fest, dass die BOEDDICKER'sche reicher an Details sei, dass es aber fast entmuthigend sei, die oft nur geringe Aehnlich-

---

[1]) Monthly Notices Vol. L, pag. 12. Zwei kleine Referate darüber vergl. Observatory Vol. XV., pag. 151 und 193.

[2]) EASTON, La Voie Lactée dans l'hémisphère boréal; cinq planches lithographiées, description détaillée, catalogue et notice historique avec une préface par H. G. VAN DE SANDE BAKHUYZEN Dordrecht et Paris, GAUTHIER Villars 1893. Vergl. auch das eingehende und anerkennende Referat von KLEIN in dem Jahrbuch der Astronomie und Geophysik für 1894, pag. 94.

keit zwischen beiden Darstellungen wahrzunehmen. Der einzige Weg zu einer wirklichen Kenntniss der Milchstrasse sei daher, wenn möglichst viele Liebhaber der Astronomie unabhängig von den bereits vorliegenden Zeichnungen sich neu an die Aufgabe heranmachten, nach eigenen Wahrnehmungen dieselbe abzuzeichnen; nur so könne der persönliche Fehler eliminirt werden.

Die hier geforderte Betheiligung von Laien ist schon öfters angeregt worden, zuerst wohl in der klassischen »Aufforderung an Freunde der Astronomie zur Anstellung von ebenso interessanten und nützlichen, als leicht auszuführenden Beobachtungen über mehrere wichtige Zweige der Himmelskunde«, die ARGELANDER in SCHUMACHER's Jahrbuch für 1844, pag. 122 erliess, dann hat HEIS in seiner »Wochenschrift für Astronomie, Meteorologie und Geographie« 1864, pag. 265, diese Aufforderung wiederholt und besonders auf die Benutzung von Höhenstationen und Orten fern vom Lichtmeer der grossen Städte dabei hingewiesen. In Befolgung dieser Aufforderung berichtet KLEIN in Band 1867, pag. 285, derselben Zeitschrift über die scheinbare Ausdehnung der Milchstrasse, wobei HEIS feststellt, dass er ihr Licht noch weiter als KLEIN zu verfolgen im Stande ist. Auf den Beobachtungen des ersteren beruhen dann die Zeichnungen in HEIS' »Atlas coelestis novus«, über deren technische Darstellung sich HEIS selbst nicht ganz befriedigt äussert[1]), während in dem KLEIN'schen »Sternatlas für Freunde der Himmelsbetrachtung«, Leipzig 1888, die Milchstrasse überhaupt nicht dargestellt ist[2]).

MARTH hat in Uebereinstimmung mit Lord LASSELL auf Malta solche Milchstrassenzeichnungen erleichtern wollen, indem er die galaktischen Coordinaten der dem unbewaffneten Auge sichtbaren Sterne berechnete. Diese sollen zuerst in die Karten niedergelegt und dann die Contouren der feinen Milchstrassennebel nach Augenmaass zwischen sie eingefügt werden. Der Pol der Milchstrasse ist dabei zu 190° A. R und 60° N. P. D[3]) angenommen. Und zwar finden sich in Monthly Notices Vol. XXXIII, pag. 1 ff. alle Sterne der nördlichen Hemisphäre, deren galaktische Breite 15° nicht übersteigt und eine Anzahl noch weiter von der Milchstrasse abstehender und zwar nicht etwa in Länge und Breite, sondern indem gleich die Länge der zu projektirenden Karten zu 6 Fuss und ihre Breite zu 8 Zoll angenommen ist, werden sofort die rechtwinkligen Coordinaten der einzutragenden Sterne in Zollen angeführt, 5 Grade entsprechen sonach einem Zoll. Die zweite Hälfte — die südlichen Sterne — folgt im gleichen Bande, pag. 517—527, ist aber auf je 20° Breite ausgedehnt und in Vol. XXXIV, pag. 77—82 lässt MARTH ein Supplement folgen, welches auch für die nördliche Hälfte noch die fehlenden Sterne nachträgt, damit die Gesammtbreite der Zone auch hier 40° wird. Diese Sterne sind wirklich als Skelett für die Eintragung der Milchstrasse nur von TROUVELOT benutzt worden, dessen Pastellzeichnungen auf der Ausstellung in Philadelphia zu sehen waren, und dann von CHARLES SCRIBNER's Sons in New-York herausgegeben wurden; auch sie gaben — in Cambridge, Mass. angefertigt — nur den nördlichen Theil. MARTH kommt daher in Vol. LIII der Monthly Notices, pag. 74, nochmals auf den Gegenstand zurück, und theilt jetzt wirklich die galaktischen Längen und Breiten der Sterne mit unter Beibehaltung des früheren Poles, obwohl er GOULD's Bestimmung für richtiger hält, dadurch wird die Wahl der Skala jedem freigestellt. Die erste Hälfte der Sterne

---

[1]) Vergl. V. A. G. Band VI, pag. 267.

[2]) Eine Darstellung der Milchstrasse, die SCHMIDT unter dem durchsichtigen Himmel Athens angefertigt hat, liegt unveröffentlicht auf dem astrophysikalischen Observatorium in Potsdam.

[3]) Wie nach Verbesserung eines offensichtlichen Druckfehlers statt Decl. gelesen werden muss.

ist pag. 78—111, die zweite pag. 384—417 abgedruckt, letzterer folgen einige Rechnungen mit GOULD's Pol. Diese Sterne hat PANNEKOEK kartirt, und zwar so, dass jedes Kartennetz und jede Bezeichnung der Sterne vermieden ist, die störend wirken müssten, und letztere nur am Rande vermerkt sind[1]). In den Mittheilungen der V. A. P. 1897, pag. 1 bringt er dann »Vorschläge für wissenschaftliche Beobachtungen der Milchstrasse,« welche die Benutzung dieser Karten voraussetzen, die daher gratis von Herrn J. PLASSMANN in Münster für Interessenten zu beziehen sind. Den gleichen Zweck, weitere Kreise zu Milchstrassenzeichnungen heranzuziehen, verfolgen drei Aufsätze desselben Verfassers in Popular Astronomy, Vol. V, pag. 395 »The necessity of further research on the Milky Way«; pag. 485 »New charts for inserting the Milky Way« und pag. 524 »On the best method of observing the Milky Way.«

Die Früchte dieser Anstrengungen müssen noch abgewartet werden und gegenwärtig sind wir noch weit entfernt von einer Kenntniss der Milchstrasse in all ihren feinen Details. Besonders hervortretende Eigenthümlichkeiten aber mögen hier zusammengestellt werden. Zunächst ist der Kohlensack im Sternbilde des Kreuzes nicht das einzige »Loch« in der Milchstrasse. EASTON weist in seinem Catalog heller und dunkler Flecken in derselben 164 Objecte der letzteren Art nach, namentlich eine grosse leere Stelle zwischen A Cygni und α Cephei, die er als nördlichen Kohlensack bezeichnet. CHAMBERS[2]) zählt solche dunkeln Stellen unter anderm im Skorpion auf. BARNARD berichtet in A. N. 2588 über die Auffindung eines kleinen schwarzen Loches ebenda, von dreieckiger Form von 2′ Durchmesser, an dessen nördlich vorangehendem Rande ein heller orangefarbener Stern stehe in $17^h\ 56^m$ — 27° 51′ (1884. 0). Auch SECCHI spricht A. N. 975 von mehreren unter dem klaren Himmel Roms dem unbewaffneten Auge sichtbaren Löchern. Diese Löcher, vom grossen Kohlensack bis zu den kleinsten, lassen sich wohl nur als wirkliche Spalten und leere Räume in der Milchstrasse deuten und nicht wie RANYARD will, als ein dunkles Medium, welches sich zwischen uns und die betr. Stelle schiebt. Man sah meist diese Löcher als Beweis für eine ausserordentlich geringe Tiefenausdehnung der Milchstrasse in der Richtung des Visionsradius an; denn bei grösserer Tiefe müsste man sich die Löcher röhrenförmig denken und es wäre dann doch ganz unvorstellbar, warum die Axen all dieser Röhren genau auf die Sonne zu gerichtet wären. SEELIGER hat aber jetzt durch einfache theoretische Ueberlegungen[3]) gezeigt, dass jede gegebene Anordnung der Sternvertheilung ganz unabhängig von der grösseren oder geringeren Tiefe im Visionsradius ist, auf welche wir sie uns vertheilt denken, und widerlegt einen von EASTON hiergegen im Astrophysical Journal Vol. XII, pag. 150 erhobenen Einwand in Vol. XIII, Heft 2 der gleichen Zeitschrift. In der That ist offensichtlich, dass wenn die Milchstrasse zum Theil aus isolirten Sternhaufen besteht, dann zwischen denselben leere Räume bleiben können, die von den über- und nebeneinanderliegenden Sternhaufen vollständig umgeben, jedem einigermaassen entfernten Standpunkte freie Durchsicht gewähren.

Das Gegentheil dieser schwarzen Löcher bilden isolirte Nebelparthieen in der Milchstrasse und besonders ein schwach leuchtendes Lichtband, welches SEARLE in A. N. 2358 nach Beobachtungen aus dem Jahre 1880 auf der Harvard Stern-

---

[1]) Eine Anzahl Verbesserungen zu MARTH's Rechnungen und seinen Karten giebt er Monthly Notices, Vol. LIII, pag. 420 V. A. P. Jahrgang 7, pag. 10 (letztere auch in Popular Astronomy, Vol. V, pag. 485) und V. A. P. Jahrgang 8, pag. 29.

[2]) Astronomy, pag. 111.

[3]) Betrachtungen über die räumliche Vertheilung der Fixsterne, pag. 64.

warte beschreibt. Dasselbe würde, 5° breit, zwischen α und δ Aquilae beginnen, dann zwischen α und β Aquarii passiren, 15 Aquarii überschreiten, 27 Piscium und ν Piscium enthalten und dann durch die südlicheren Parthieen des Widders auf die Plejaden zueilen, wo der Anschluss an die Milchstrasse wieder erreicht wird. Diese einzeln gebliebenen Beobachtungen SEARLE's erscheinen heut zu Tage in besonderem Lichte, wo WOLF[1]) Nebelmassen entdeckt hat, die von den Plejaden sich weit weg erstrecken, und daher vielleicht das eine Ende der von SEARLE's feinem Auge wahrgenommenen Milchstrassenverzweigung sind.

Man könnte daran denken, die genauere Darstellung des Verlaufes der Milchstrasse von der Photographie zu erhoffen. Kurze Expositionen versagten hier aber nach BARNARD[2]) vollständig. Es zeichnen sich dann nämlich lediglich die Sterne in der Milchstrasse auf, von dieser selbst aber kommt keine Spur. Es ist hier wesentlich, um den Eindruck der Milchstrasse hervortreten zu lassen, dass sehr grosse Regionen photographirt werden, welche dunkle Stellen des Himmels und von der Milchstrasse bedeckte neben einander enthalten. Es müssen also Portraitlinsen von möglichst grosser Oeffnung mit möglichst kurzer Brennweite verwendet werden, sodass vielleicht ein Feld von 100 Quadratgraden abgebildet wird, in Verbindung mit mehrstündiger Exposition. Wenn man eine solche Platte dann auf eine kleinere Skala reducirt, so treten für das Auge deutlich die Contraste hervor. BARNARD reproducirt u. A. eine solche Aufnahme der Milchstrasse, deren Mitte in $17^h\,56^m$ und $-28°$ liegt, die über 3 Stunden exponirt ist und spricht die bis jetzt unerfüllte Hoffnung aus, auf diese Weise einen vollständigen photographischen Milchstrassenatlas herstellen zu können. Bekannter noch sind die wundervollen Daueraufnahmen WOLF's, die weit längere Expositionen erfahren haben und ebenso wie einige Aufnahmen BARNARD's z. Th. in *Knowledge*[3]) reproducirt sind. Immerhin kann man zu einer dem Auge ähnlich erscheinenden Darstellung der Milchstrasse auf diese Weise nicht kommen, denn da es bekannt ist, dass die Milchstrassensterne wesentlich dem 1. Spektraltypus angehören, so wirken sie und noch mehr ausgedehnte Nebelmassen ultravioletten Lichtes, die ebenfalls WOLF mehrfach entdeckt hat, weit stärker auf die Platte als die dem Auge auffallenden Stellen. Es wäre auch noch zu erwägen, ob das Schnittphotometer, welches WOLF jüngst zur Bestimmung der hellsten Stellen des Zodiakallichtes verwandt hat[4]), nicht sehr geeignet wäre, in ganz analoger Weise die Milchstrasse klassisch zu aichen. BARNARD folgert aus seinen photographischen Versuchen und HOLDEN[5]) stimmt ihm anlässlich eines Berichtes über die Leistungen des 36-Zöllers der Lick-Sternwarte darin bei, dass der Eindruck der Milchstrasse nicht von den hellen Sternen hervorgerufen wird, auch nicht von den helleren teleskopischen Sternen, die ja die Platte noch einzeln abbildet, sondern von dicht gedrängt stehenden Sternen vielleicht der 15. Grösse. HOLDEN findet die Milchstrasse auch im 36-Zöller stellenweise unauflösbar. Und wenn SEARLE die Existenz seines oben beschriebenen Lichtbandes dadurch erhärten will, dass er versucht, es durch die Anhäufung von *BD*-Sternen, die er abzählt, zu erklären, so ist diese irrige Voraussetzung, als ob

[1]) MAX WOLF. Die Aussennebel der Plejaden; München, Sitzungsber. 1900.

[2]) Monthly Notices, Vol. L, pag. 312.

[3]) Knowledge Jahrgang 1894, 1895 u. ff. Vergl. auch die prachtvollen 8 stündigen Expositionen WILSON's in Popular Astronomy Vol. III, pag. 58.

[4]) MAX WOLF. Ueber die Bestimmung der Lage des Zodiakallichts und den Gegenschein. Sitzungsber. der math. phys. Classe der k. bayer. Akademie d. Wiss. 1900, Band XXX, Heft II.

[5]) Sidereal Messenger 1888, pag. 298.

Sterne 9. Grösse Milchstrassenschimmer erzeugen könnten, nur die Folge einer Befangenheit in den Ansichten von STRUVE's études d'astronomie stellaire, die wir in dieser Hinsicht noch mehrfach zu widerlegen im Stande sein werden.

Das Material zur Untersuchung der Sternvertheilung.

Das Material auch die Vertheilung der Sterne im Milchstrassensternhaufen eingehender zu untersuchen, beruht auf der Abzählung der Sterne nach bestimmten Grössenordnungen und der Voraussetzung, dass alle Sterne einer bestimmten Grössenordnung innerhalb des betrachteten Raumes wirklich bekannt seien. Sterncataloge aber, die eine sichere Gewähr dafür übernehmen können, alle Sterne bis zu einer bestimmten Helligkeit zu enthalten, sind nur die Durchmusterungen, die bei feststehendem Fernrohr alle hindurchpassirenden wenigstens beobachten konnten. Dabei kann aber die niedrigste Grössenordnung unmöglich vollständig sein, da ihre Mitnahme nur die Gewähr bietet, dass die vorhergehende nahezu vollständig aufgenommen ist. Thatsächlich ist die Bonner Durchmusterung für die Sterne bis zur Grösse 9·0 sehr nahe vollzählig mit verschwindenden, für diese Untersuchungen nicht belangreichen Ausnahmen und höchstens könnte man nach SCHÖNFELD eine gewisse Vollständigkeit bis zur Grösse 9·2 annehmen. Die südliche Durchmusterung und die Cordoba Durchmusterung, die bis 10. Grösse gehen, mögen bis zur 9·5 vollzählig sein, obwohl sie eine so ausgedehnte Prüfung wie die erstgenannte daraufhin noch nicht zu bestehen gehabt haben. Auch die photographische Durchmusterung kann zwar nach Art ihrer Herstellung eher bis zu ihrer Grenzgrösse 10·5 für vollständig erachtet werden, doch ist die aktinische Wirkung der Sterne nach den Untersuchungen KAPTEYN's[1]) eine derart mit wachsender galaktischer Breite abnehmende, dass hier ganz andere Ergebnisse für die Sternvertheilung von vorn herein zu erwarten sind[2]) Die Abzählungen dieser Durchmusterungen sind in grossen Zügen in ihren resp. Einleitungen geschehen, wo z. B. ARGELANDER selbst bereits in der Einleitung zu Band 5 der Bonner Beobachtungen genau die Vertheilung der Durchmusterungssterne sowohl nach Rectascension und Deklination, wie nach Zonen parallel zur Milchstrasse untersucht hat[3]) und folgert, dass man zwar in diesen Sternen die Anordnung nach Zonen parallel zur Milchstrasse nachweisen könne, dass es aber zur wahren Erkenntniss der Constitution des Fixsternsystems, zwischen den *BD*-Sternen und den HERSCHEL'schen Sternaichungen noch eines Zwischengliedes bedürfe. Genauere Abzählungen der *BD*-Sterne hat dann LITTROW in seiner »Zählung der nördlichen Sterne im Bonner Verzeichnisse nach Grössen« (Sitzungsberichte der K. Akademie der Wissenschaften, LIX Band, Wien 1869) mitgetheilt.[4]) Er hat dabei aber nur in den einzelnen Deklinationsgraden die Zehntelgrössenklassen abzählen lassen, ohne Trennung nach Rectascensionen und seine Zählungen haben daher nur den Werth, zu zeigen, was schon bekannt war, dass nur die halben und ganzen Grössen der *BD*, die an Zahl bedeutend überwiegen, wirklich geschätzt sind, während die anderen Zehntel, die lediglich das Resultat des Mittelnehmens sind, viel weniger häufig vorkommen. SEELIGER liess daher eine

---

[1]) Bulletin du comité international pour l'exécution photographique de la carte du ciel, tome II, 1892.

[2]) STRATONOFF hat jetzt die Verwerthung der drei Bände der *PD* für eine Bestimmung der Sternvertheilung begonnen.

[3]) Auch Abzählungen in den einzelnen Deklinationsgraden von 4^m zu 4^m Abstand sind in Bonn ausgeführt, aber nicht publicirt (vergl. Einleitung zu Band 5, pag. 8).

[4]) Zusammengefasst für ganze Grössenklassen giebt LITTROW diese Abzählungen richtig in A. N. 1741 verfehlt in A. N. 1487; doch sind dieselben, wie gesagt, ohne Interesse.

neue Abzählung ausführen, wobei er nur nach halben Grössen trennte, und die folgenden 7 Klassen bildete 1·0 — 5·5, 5·6 — 6·0, 6·1—6·5, 6·6 — 7·0, 7·1 — 7·5, 7·6—8·0, 8·1 — 8·5, 8.6 — 9·0, 9·1 —9·5, geleitet von der Absicht, die letzten 5 Zehntel 9·1 — 9·5, die bekanntlich ein anderes photometrisches Verhalten zeigen, als die helleren Sterne, für sich abzusondern, sonst hätte die Bildung von Klassen 1 — 6·2, 6·3 — 6·7, 6·8 —7·2, u. s. w., welche die mittlere Grösse einer Klasse auf eine runde halbe oder ganze Grösse legen, näher gelegen, die er bei anderen Untersuchungen (vergl. pag. 79) benutzt hat. Ferner wurde nach Rectascensionen von 20 zu 20 Minuten getrennt. Die ausführlichen Abzählungen für jeden Grad finden sich in den neuen Annalen der Münchener Sternwarte, Band II, Abtheilung C mitgetheilt. Nach Zusammenfassung zu je 40 Zeitminuten und 5 Deklinationsgraden sind die Durchmusterungssterne nördlich des Aequators abgezählt in »Ueber die Vertheilung der Sterne auf der nördlichen Halbkugel nach der Bonner Durchmusterung« und »Zur Vertheilung der Fixsterne am Himmel« von H. Seeliger. (Sitzungsber. der math. phys. Classe der k. bayer. Akademie der Wiss. 1884, Heft 4 und 1899, Heft 3.) Die Abzählungen der *SD* + den zwei südlichsten Graden der *BD* nach dem gleichen Princip finden sich in »Ueber die Vertheilung der Sterne auf der südlichen Halbkugel nach Schönfeld's Durchmusterung« von H. Seeliger (Sitzungsber. der math.-phys. Classe der k. bayer. Akademie d. Wiss. 1886, Heft 2) unter Hinzufügung einer 8. Klasse für die Sterne 9·6 — 10·0 Grösse. Die gleichen Abzählungen mit der Sekante der Deklination multiplicirt, sodass die 5° hohen und 40^m breiten Trapeze auf gleichen Flächeninhalt reducirt erscheinen, giebt Ristenpart in seinen »Untersuchungen über die Constante der Präcession und die Bewegung der Sonne im Fixsternsysteme«, pag. 44 bis 51. (Veröffentlichungen der Karlsruher Sternwarte, Heft IV). Von der *CD* von — 22° bis — 41° sind in der Einleitung zu Vol. XVI. der »Resultados del observatorio nacional Argentino« ausführliche Abzählungen von 4 zu 4 Zeitminuten und für jeden Deklinationsgrad aufgeführt, doch ohne Trennung nach Grössenklassen. Und man erkennt nur soviel, dass die Gegend dieser Zone, durch welche die Milchstrasse geht, bei 6^h — 10^h, viel dichter besetzt ist, als der andere Milchstrassenzweig bei 16^h — 20^h. Von der *PD* sind nur statistische Aufzählungen der Sterne pro Deklinationsgrad in der Einleitung des 3. Bandes, pag. 36 und die Sternzahl pro Quadratgrad, in 1^h breiten, 5° hohen Trapezen auf pag. 37 gegeben. Als weiteres Material kommen für schwächere Sterne in Betracht die Sternaichungen von Celoria, enthalten in »Sopra alcuni scandagli del cielo eseguiti all' osservatorio reale di Milano e sulla distribuzione generale delle stelle nello spazio. Annotazioni del prof. Giovanni Celoria« (Pubblicazioni del reale osservatorio di Brera in Milano No. XIII. Milano 1877). Celoria hat die in einem durch Draht sichtbar gemachten Rechteck von 17′ Höhe und $33^s{\cdot}7$ Länge im Plössl'schen kleinen Aequatoreal von 10 *cm* Oeffnung gleichzeitig stehenden Sterne abgezählt. Die Definition der Bilder war eine ausgezeichnete und, wie noch bewiesen werden soll, die Grösse der schwächsten eben noch gesehenen Sterne 11½ in der Skala der Durchmusterung. Dann wurde das Fernrohr so in Rectascension verstellt, dass das benachbarte Feld in das Rechteck trat u. s. w. Von je zwei aufeinanderfolgenden Rechtecken wurde gleich die Summe gebildet und nur diese notirt, dadurch wird die abgezählte Fläche $67^s{\cdot}4$ lang, also bei 17′ Höhe im Aequator fast quadratisch. Celoria hat nun alle 24 Stunden herumgezählt, und in Deklination zunächst das Feld von 0° bis 0° 17′ gehen lassen. Er fügt dann die unmittelbar nördliche Zone 0° 17′ bis 0° 34′ an u. s. w. und kommt mit 21 Zonen dazu, die ganze Breite vom Aequator bis 6° nördlicher Deklination zu bedecken,

indem er nur die Deklinationsminuten 1° 42′, 3° 42′, 5° 42′ auslässt, damit 21 × 17 Minuten 6 Grade ausmachen können. Im Ganzen sind 9 × 144 × 21 Aichungen gemacht, die nahezu vollkommen die Zone bedecken. CELORIA hat jedoch in seiner Publikation immer von 9 in R. A. nebeneinanderliegenden Aichungen, die sehr nahe 10 Zeitminuten Gesammtlänge haben, nur die Summe der dort stehenden Sterne und das Mittel pro Feld angeführt, und dabei die mittleren Rectascensionen solcher Neunfelderreihen auf $0^h\ 5^m$, 15^m, 25^m u. s. w. gelegt, sodass in jeder der Zonen 144 Zahlen mitgetheilt sind. Zonenweise hat dann CELORIA Curven construirt und am Schluss seiner Arbeit angefügt, die den Verlauf der Sternzahlen mit der Rectascension illustriren. Die 21 Curven stimmen nicht nur in den beiden Maximis in ca. 7^h und 19^h (das erstere ist ausgeprägter) überein, sondern auch in vielen einzelnen Zügen, was bei dem geringen Deklinationsabstand nicht weiter wunderbar ist.

Ein weiteres Material könnten dann die ekliptikalen Karten darbieten, zwar nicht die von HIND, welche kaum über die *BD*-Sterne hinausgehen, wohl aber die von PETERS, CHACORNAC und PALISA. HOLDEN hat in den »Publications of the Washburn Observatory of the University of Wisconsin, Vol. II, Madison 1884«, pag. 174 Abzählungen dieser Karten vorgenommen, und zwar erstlich der von PETERS' Hand gezeichneten, für jeden Quadratgrad, wobei er die Meinung ausspricht, dass diese Karten wohl bis zur $13^m{\cdot}5$ Sterngrösse gehen. Ferner nimmt er die CHACORNAC'schen, von PETERS handschriftlich ergänzten Karten hinzu. Wir erfahren daraus, dass PETERS ausser seinen publicirten, in der Tabelle auf pag. 518 von Band III, 2 aufgezählten Karten noch mehrere, z. Th. weit fortgeschrittene besass, die er nur nicht publicirte, weil sie nicht vollkommen die $20^m \times 5°$ ausfüllten, hinzu treten einige von WATSON selbst angefangene Karten, und die Sternzahlen werden auch noch nach Multiplication mit $sec\,\delta$ zur Reduction auf gleiche Flächen mitgetheilt. In einer zweiten Tabelle sind die Abzählungen in den 20 publicirten PETERS'schen Karten enthalten, in welche PETERS bei einer nochmaligen Vergleichung seiner Manuscriptkarten mit dem Himmel, noch die schwächsten im Clintoner Refractor sichtbaren Sterne (nach HOLDEN bis $14^m{\cdot}8$ nach der Bonner Skala) eingezeichnet hatte. Eine dritte Tafel umfasst Abzählungen aus unpublicirten Kartenstücken PALISA's, die alle mit dem Polaer Sechszöller, resp. dem Wiener Zwölfzöller sichtbaren Sterne enthalten, nach Flächen eines Viertelquadratgrades; endlich theilt eine vierte Abzählung die Ergebnisse der PALISA'schen Karten No. 2 und No. 3 mit. Indessen zeigt SEELIGER[1]), dass die Annahme nicht aufrechterhalten werden kann, dass PETERS' Karten bis zur 13.5 Grösse oder gar weiter gingen. Eine Vergleichung mit CELORIA's Sternzahlen, nachdem beide nach Milchstrassenzonen vertheilt waren, giebt im Gegentheil einen geringen Ueberschuss für CELORIA's Sterne, die doch nur bis $11^m{\cdot}5$ gehen. Auch eine direkte Prüfung am Münchener Refraktor durch VILLIGER hat gezeigt, dass nur selten Sterne unter $11^m{\cdot}5$ in den PETERS'schen Karten sich finden und ein ähnliches Resultat hätte schon HOLDEN erhalten müssen, der in einer Schlusstafel A. die Sternzahlen für den Quadratgrad für verschiedene Himmelsdurchmusterungen neben einander stellt, er findet hier für PETERS 87·87, für die beiden HERSCHEL 1417·9 als mittlere Sternzahl, also für PETERS nur den 16. Theil von HERSCHEL, kann also nicht, wie er es thut, die Grenzgrösse für PETERS zu 14·9, für HERSCHEL zu 15 annehmen, vielmehr müssen PETERS' Grenzsterne um ca. 3 Grössenklassen heller sein als die der beiden HERSCHEL, mag

[1]) Betrachtungen über die räumliche Vertheilung der Fixsterne von H. SEELIGER. Abhandlungen der k. bayer. Akademie der Wiss. II. Kl., XIX. Bd., III. Abth. München 1898.

auch immerhin die Bevorzugung der Milchstrasse durch den älteren HERSCHEL und die Vermeidung derselben durch PETERS das Verhältniss beeinflussen.

Die Pariser und Marseiller Karten sind aber zu so verschiedenen Zeiten und von mehreren Beobachtern angefertigt, dass Gleichförmigkeit und Vollständigkeit kaum verbürgt werden können, und ohne ausgedehnte Untersuchungen darüber, die sehr mühselig wären, könnten sich nur ganz irrige Resultate aus ihrer Verwendung ergeben. Die PALISA'schen Karten sind zu zerstreut und zu wenig zahlreich.

Ausserdem haben fast alle Karten den Fehler, dass sie die Milchstrasse vermeiden, in welcher die Sternvertheilung gerade ein besonderes Interesse bietet.

Ein reiches Material für die schwächsten Sterne bieten dann die Sternaichungen der beiden HERSCHEL. 3400 seiner Sternaichungen hat der ältere HERSCHEL selbst in seinem Aufsatze: »On the construction of the heavens« (Philosophical Transactions for 1785) publicirt. Reproducirt finden sich dieselben, zu 683 Feldern gemittelt, in dem gleichen Bande der Washburn Observations wie die eben besprochenen Sternzählungen auf pag. 115—140, während auf pag. 159—173 noch 405 weitere Felder, als Ergebniss von 2245 bis dahin unveröffentlichten Aichungen W. HERSCHEL's von HOLDEN mitgetheilt werden, die dieser aus den Papieren HERSCHEL's von dessen Erben erhalten hat. Die 2299 Sternaichungen JOHN HERSCHEL's finden sich zu 605 Mitteln vereinigt in dessen Cap-Beobachtungen mitgetheilt; während aber der ältere HERSCHEL ganz willkürlich am Himmel sich die Orte seiner Aichungen aussuchte und dabei nur besonders reiche und besonders arme Gegenden bevorzugte, hat der jüngere, obwohl er im übrigen mit demselben Instrument und nach derselben Methode beobachtete wie sein Vater, seine Aichungen systematisch vertheilt. Er ging nämlich von einem Ausgangsfeld zum nächsten 10 Zeitminuten weiter und zugleich $1\frac{1}{2}°$ nach Süden, dann nochmals 10 Zeitminuten weiter und $1\frac{1}{2}°$ nach Süden, hierauf aber 10^m weiter und $1\frac{1}{2}°$ nach Norden und dies nochmals, worauf er wieder nach Süden ging und so im Zickzack, immer abwechselnd 2 Schritt nach links oben und dann 2 nach links unten machend, erhielt er als Endergebniss Felder, die in den Parallelen von der Form $n \times 1\frac{1}{2}°$ und in denselben 20^m auseinander lagen. HOLDEN theilt zugleich mit, dass er auf dem Washburn Observatory mit dem Fünfzehnzöller und 195facher Vergrösserung Sternaichungen begonnen habe in einem quadratischen Felde von 10′ Seite, über deren Ergebniss indessen noch nichts bekannt geworden ist. Er bezeichnet es dabei zugleich als wünschenswerth, die Gesammtlichtstärke der im Felde vereinigten Sterne photometrisch zu bestimmen. Das wesentliche aber für eine eingehende Diskussion der Vertheilung der schwächeren Sterne ist, dass man nicht die Gesammtzahl der in einem bestimmten Felde stehenden Objecte oder ihre Gesammthelligkeit kennt, sondern die Anzahl bis zu einzelnen äquidistanten Grenzhelligkeiten, sodass man stufenweise Halt machen kann beim Eindringen in die Tiefe des Sternenheeres und weil hierfür eben über die *BD* hinaus noch so unendlich viel fehlt, macht SEELIGER den Vorschlag, Zählungen mit einem grossen Fernrohr vornehmen zu lassen, das dann systematisch auf mehrere kleinere Oeffnungen abgeblendet wird, die gleiche Lichtverluste bedingen, oder noch besser photographische Daueraufnahmen zu machen, auf denen sich dann die Sterne der verschiedenen Grössenklassen abzählen liessen. Es müssten dann noch vielleicht mit Rücksicht auf die stärkere aktinische Wirksamkeit einzelner Sterne, die also weit heller erscheinen würden und das Ergebniss systematisch gegen die Milchstrasse fälschen würden, Parallelaufnahmen mit Vorschaltung einer Gelbscheibe gemacht

werden, ähnlich wie dies jüngst BARNARD gethan, um solche aktinischen Anomalien in dem Sternhaufen *M* 13 Herculis zu untersuchen[1]).

Sternzahl und photometrische Constante.

Besitzt man in bestimmter Richtung und für ein bestimmtes Feld, vielleicht einen Quadratgrad, die Abzählungen von Sternen äquidistanter Grössenklassen, so ist, wie STRUVE in den Études zeigt, bei gleichförmiger Vertheilung der Sterne im Raume und durchschnittlich gleicher Helligkeit der Sterne eine einfache Beziehung sofort abzuleiten[2]). Bezeichnet A_m die Anzahl aller Sterne bis zur Helligkeit m und ist γ_m das Verhältniss der Helligkeit der Sterne $m$ter Grösse zu denen der $(m+1)$ten, während r_m den Radius der Kugel bezeichnet, die die Sterne bis zur $m$ten Grösse einschliesst, so ist offenbar

$$\frac{A_{m+1}}{A_m} = \frac{r_{m+1}^3}{r_m^3},$$

da die Sterne bis zur $(m+1)$ten resp. zur $m$ten Grösse in zwei Kugelsectoren enthalten sind, deren Inhalt sich verhält wie die Cuben der Radien, andrerseits ist $\gamma_m = \frac{r_{m+1}^2}{r_m^2}$, da sich die scheinbaren Helligkeiten gleichheller Kugeln — das ist die Voraussetzung — umgekehrt verhalten wie die Quadrate der Abstände, daraus folgt $\frac{A_{m+1}}{A_m} = \gamma_m^{3/2}$. Danach würde sich also die Anzahl der Sterne bis zu einer bestimmten Grössenklasse zu der der nächsthelleren verhalten müssen wie die $\frac{3}{2}$te Potenz des Helligkeitsverhältnisses γ, welches auch den Namen der photometrischen Constante führt. Eine solche Annahme aber findet sich bei keiner Reihe von Sternzahlen bestätigt. SCHIAPARELLI[3]) führt z. B. folgende Zahlen für die in der Harvard Photometry[4]) ihrer Grösse nach genau bestimmten Sterne zwischen dem Nordpol und — 30° Deklination an:

	Zahl	A_m	C_1	$A_m - C_1$	C_2	$A_m - C_2$
Sterne bis $1^m \cdot 00$	7	7	8	— 1	4	+ 3
„ 1·00 „ 2·00	16	23	28	— 5	16	+ 7
„ 2·00 „ 3·00	66	89	92	— 3	65	+ 24
„ 3·00 „ 4·00	218	307	307	0	257	+ 50
„ 4·00 „ 5·00	717	1024	1024	—	1024	—
„ 5·00 „ 6·00	2089	3113	3413	— 300	4077	— 964

Die letzte Klasse kann nicht vollständig sein, da das Arbeitsprogramm sich auf die Sterne der *BD* und zwar nur bis $6^m \cdot 2$ vollzählig, aufbaute, und sehr wohl etwas schwächere hierin noch nicht enthaltene Sterne, doch heller als $6^m \cdot 00$ photometrisch sein könnten. Die Harvard Photometry wählt $\log \gamma = 0{\cdot}400$ ($\gamma = 2{\cdot}5119$). SCHIAPARELLI findet nun, dass obige A_m sehr nahe in der Pro-

[1]) Astrophysical Journal, Vol. XII, pag. 176.

[2]) PETERS zeigt A. N. Band 28, pag. 229, dass die Folgerung auch gilt, wenn nicht gleiche Helligkeit vorausgesetzt wird, sondern nur angenommen wird, dass für jeden Stern alle Helligkeiten zwischen 0 und einer Maximalhelligkeit $2E$ gleich wahrscheinlich sind.

[3]) Sulla distribuzione apparente delle stelle visibili ad occhio nudo. Pubblicazioni del reale osservatorio di Brera in Milano No. XXXIV.

[4]) Observations with the Meridian Photometer during the years 1879—82 by E. PICKERING, Director aided by A. SEARLE and O. C. WENDELL, Annals of the Observatoy of Harvard College, Vol. XIV, part 1.

gression 10:3 fortschreiten und berechnet aus A_5, die unter Voraussetzung der strengen Progression sich ergebenden anderen A_m, die unter der Ueberschrift C_1 oben in der vierten Columne stehen. Die Differenzen $A_m - C_1$ sind ganz ausserordentlich klein, die grosse letzte Differenz würde sich fast durch die Unvollständigkeit des Programms erklären lassen; aber $\frac{A_{m+1}}{A_m}$ zu 10:3 angenommen, ergäbe $log\,\gamma$ zu 0·34859, also viel zu klein; $log\,\gamma = 0{\cdot}4$ würde umgekehrt $A_{m+1}:A_m = 3{\cdot}981$ verlangen, also, wieder unter Festhaltung von A_5, die Zahlen der Columne C_2, eine, wie die $A_m - C_2$ zeigen, ganz unzulässige Annahme.

Gould stellt in der Uranometria Argentina die Sternzahlen sowohl der Uranometria selbst, als auch des nördlichen Himmels durch 3 Formeln dar, die erstlich aus der Uranometrie allein, dann aus der nördlichen Hemisphäre und endlich aus der Gesammtheit aller Sterne abgeleitet sind und findet für die Gesammtheit der Sterne bis zur Grösse m resp.

$\Sigma_m = 0{\cdot}5312\,(3{\cdot}9120)^m$ für die Uranometrie,
$\Sigma_m = 0{\cdot}4691\,(3{\cdot}9129)^m$ für die nördlichen Sterne bis 9^m,
$\Sigma_m = 1{\cdot}0068\,(3{\cdot}9111)^m$ aus allen Sternen bis 7^m.

Nimmt man hier im Mittel 3·912 für das Verhältniss $\frac{A_{m+1}}{A_m}$, so würde daraus $log\,\gamma$ zu 0·3949 resultiren, also ebenfalls zu klein, wenn auch nicht mehr sehr viel, doch weist das abweichende Resultat von Schiaparelli und Gould auf verschiedenartige Grundlagen in den photometrischen Constanten für die helleren Sterne, es zeigen denn auch die beiderseits verwandten Sternzahlen grosse Differenzen, namentlich für die Sterne der 4.—5. und 5.–6. Grösse. Jedenfalls ist aber die Annahme durchschnittlich gleicher resp. zufällig vertheilter Helligkeit und gleicher Vertheilung der dem unbewaffneten Auge sichtbaren Sterne nicht zulässig. Gleiche Helligkeit der Sterne würde als Ergebniss vorstehender Ueberlegung die Thatsache bedeuten, dass die Sterne sich um die Sonne zusammendrängen, gleiche Vertheilung aber würde aussagen, dass die Sterne in der Umgebung der Sonne durchschnittlich kleiner und schwächer leuchtend wären als die entfernteren. Für letzteres werden wir später in dem Ueberwiegen der Sterne des zweiten Spectraltypus in der Nähe der Sonne einen geringen Anhalt finden.

Wie schon dies Beispiel zeigt, ist die genaue Kenntniss des Helligkeitsverhältnisses γ wesentlich, um die Sterne der verschiedenen Grössenklassen in ihre richtige mittlere Entfernung von der Sonne zu versetzen. Bei den visuell bestimmten Grössen der Durchmusterungen ist dieser Helligkeitsfaktor zunächst unbekannt und muss daher bestimmt werden. Dies haben Th. Wolff[1]), Lindemann[2]) und Rosén[3]) unternommen, indem sie zahlreiche photometrische Vergleichungen der geschätzten Bonner Sterngrössen unter sich vorgenommen und das mittlere Verhältniss dann für successive Grössenklassen aufgestellt haben; sehen wir von den wenig benutzten Arbeiten Wolff's ab, so findet Rosén aus insgesammt 110, Lindemann aus 290 Sternen für die teleskopischen *BD*-Sterne als Helligkeitsverhältniss $log\,\gamma$

---

1) Julius Theodor Wolff, Photometrische Beobachtungen der Fixsterne. Leipzig 1877.

2) Lindemann, Photometrische Bestimmung der Grössenklassen der Bonner Durchmusterung: »Supplement II aux Observations de Poulkova 1889«.

3) Rosén, Studien und Messungen mit einem Zöllnerschen Photometer. Bulletin de l'Academie de St. Pétersbourg 1870.

	Rosén	Lindemann
$6-7^m$	0·388	0·394
$7-8^m$	0·363	0·392
$8-9^m$	0·379	0·437.

Die Helligkeitsfaktoren sind also weder constant, wie es für eine homogene Grössenskala erforderlich wäre, noch stimmen die beiden Bestimmungen unter sich genügend überein, sodass, da beide Beobachter verschiedene Objecte benutzt haben, der Verdacht gar nicht abzuweisen ist, dass das Helligkeitsverhältniss innerhalb derselben Grössenklasse in verschiedenen Gegenden des Himmels ein anderes ist. Es wäre dies ja auch gar nicht weiter zu verwundern, da verschiedene Beobachter mitgewirkt haben und die Auffassung in den einzelnen Zonen auch noch mit der Durchsichtigkeit der Luft und persönlichen Einflüssen veränderlich sein musste. Ausserdem hat schon Schönfeld einen systematischen Schätzungsfehler, derart, dass die Durchmusterungsgrössen um so mehr grösser sind, je sternreicher die durchmusterte Gegend ist, in der Einleitung zur *SD* pag. [36] aus den Vergleichungen mit den Bessel'schen Grössen abgeleitet, also eine Abhängigkeit von der galaktischen Breite, und das gleiche Ergebniss hat Scheiner [1]) aus den Vergleichungen der *SD*-Grössen mit denen mehrerer anderer Cataloge gefolgert. Eine solche systematische Abhängigkeit der Sterngrössen von der Milchstrasse aber einmal angenommen, ist die Zahl der von Rosén und Lindemann vorgenommenen Vergleichungen viel zu gering. Es muss eine ausgedehnte Vergleichung mit einer, zahlreiche Anhaltspunkte enthaltenden sorgfältigen photometrischen Untersuchung der *BD*-Sterne ausgeführt werden. Hierzu wäre die in Potsdam von Müller und Kempf im Gange befindliche genaue Bestimmung aller *BD*-Sterne bis zur Grösse $7^m{\cdot}5$ sehr geeignet, resp. sie könnte dann einfach in Bezug auf die Sternvertheilung in gewissem Grade die *BD*-Abzählungen ersetzen, vor ihrer Vollendung aber stehen hierfür nur zur Verfügung die schon anlässlich der Schiaparelli'schen Arbeit erwähnte Harvard Photometry und ferner die ebendort angefertigte »Photometric Revision of the Durchmusterung« (Vol. XXIV), welche die photometrische Bestimmung von 16 865 Durchmusterungssternen enthält, eine dritte Arbeit der Harvard-Sternwarte auf diesem Gebiete ist die von Bailey auf der Filialsternwarte in Arequipa ausgeführte, den südlichen Himmel betreffende, die in Vol. XXXIV als »A catalogue of 7922 southern stars observed with the Meridian Photometer during the years 1889—91« publicirt ist. Sie kommt indes ihrer von Kempf [2]) besprochenen Mängel wegen als Ersatz für die visuellen Grössen der Uranometria Argentina kaum in Betracht. Die beiden erstgenannten Arbeiten benutzt Seeliger in den folgenden beiden in den Sitzungsberichten der k. baierischen Akademie der Wissenschaften, Band XXIX, Heft III und Band XXVIII, Heft II erschienenen Untersuchungen »Zur Vertheilung der Fixsterne am Himmel« und »Ueber die Grössenklassen der teleskopischen Sterne der Bonner Durchmusterungen«, um die Durchmusterungsgrössen auf eine einheitliche photometrische Skala, für welche überall $log\,\gamma = 0{\cdot}4$ ist, zu reduciren. Die erstgenannte Arbeit beschäftigt sich mit den Sterngrössen $5^m{\cdot}3-6^m{\cdot}2$ der *BD* und findet folgende Beziehung:

---

[1]) A. N. 2766.

[2]) V. A. G. 31. Jahrgang, pag. 191 ff.

	m	m	Anzahl		m	m	Anzahl
BD	5·3 =	Harv. 5·22	89	*BD*	5·8 =	Harv. 5·53	169
	5·4	5·26	29		5·9	5·69	49
	5·5	5·47	172		6·0	5·88	574
	5·6	5·56	32		6·1	5·85	79
	5·7	5·48	111		6·2	5·97	168

Obwohl der mittere Fehler einer Vergleichung $0^m·30$ ist, dürfte doch durch diese Zahlen genügend erwiesen sein, dass die *BD*-Schätzungen in dem Intervall von 5·3 bis 6·2 nicht gleichmässig fortschreiten, $5^m·7$ und $5^m·6$ ist heller als $5^m·5$, $6^m·1$ heller als $6^m·0$. Eine geringe Abhängigkeit von der Milchstrasse mit der Tendenz dort die Grössenzahlen höher zu nehmen, findet Seeliger ebenfalls. Es ist also die *BD* in diesen Helligkeitsklassen der geringen Sternzahlen wegen überhaupt zu Untersuchungen über Sternvertheilungen nicht geeignet und Seeliger ersetzt sie daher durch die Harvard Photometry. Für die schwächeren Durchmusterungssterne bildet Seeliger die Klassen 6·3—6·7, 6·8—7·2, 7·3—7·7, 7·8—8·2, 8·3—8·7, 8·8—9·0 und 9·1—9·2 in der zweiten Arbeit und erhält für sie 10600 Vergleichspunkte mit der Phometric Revision. Diese zerlegt er aber gleich in 9 der Milchstrasse parallele Zonen, deren erste von dem galaktischen Pole, der nach Houzeau angenommen ist, bis zu 20° Abstand geht, die zweite von 20° bis 40° Poldistanz u. s. w., sodass in der V. Zone mit 80° bis 100° galaktischer Poldistanz die Milchstrasse selbst liegt. Zur bequemen Einordnung der nach R. A. und Dekl. Graden erhaltenen Abzählungen in diese galaktischen Zonen hat Seeliger am Schluss seiner Arbeit über die *SD* Diagramme gezeichnet, welche den Verlauf der galaktischen Parallelkreise von 10° zu 10° angeben. Die Unterschiede Δ im Sinne *BD* — H. R. sind zunächst vorwiegend negativ, was beweist, dass $log\,\gamma$ in der *BD* durchschnittlich grösser als in der H. R. ist, ferner aber zeigt sich ein deutlich ausgesprochener Gang nach der Milchstrasse. Seeliger findet nämlich

	$6^m·3—6^m·7$			$6^m·8—7^m·2$			$7^m·3—7^m·7$		
Zone	Δ	*A*	*F*	Δ	*A*	*F*	Δ	*A*	*F*
VIII	— $0^m·120$	3	— $0^m·023$	+ $0^m.188$	11	— $0^m·065$	+ $0^m·121$	15	— $0^m·077$
VII	— 0·051	42	21	— 0·058	70	63	— 0·029	89	75
VI	— 0·040	144	14	— 0·084	202	56	— 0·110	201	65
V	— 0·003	203	09	— 0·044	288	51	— 0·027	344	56
IV	— 0·019	171	16	— 0·042	256	58	— 0·076	322	68
III	— 0·033	118	22	— 0·060	158	64	— 0·079	212	76
II	+ 0·028	70	24	— 0·063	99	66	— 0·113	147	79
I	+ 0·075	28	24	— 0·161	55	66	— 0·085	57	79
Mittel	— 0·015	779		— 0·059	1139		— 0·060	1387	

	$7^m·8—8^m·2$			$8^m·3—8^m·7$		
Zone	Δ	*A*	*F*	Δ	*A*	*F*
VIII	+ $0^m·067$	21	— $0^m·087$	— $0^m·186$	53	— $0^m·156$
VII	— 0·023	111	83	— 0·164	159	148
VI	— 0·109	247	62	— 0·121	388	109
V	— 0·047	389	47	— 0·072	526	079
IV	— 0·067	410	68	— 0·116	507	121
III	— 0·067	227	84	— 0·137	289	151
II	— 0·118	143	89	— 0·144	196	161
I	— 0·107	51	91	— 0·234	73	164
Mittel	— 0·069	1599		— 0·121	2191	

Zone	$8^m{\cdot}8-9^m{\cdot}0$ Δ	A	$9^m{\cdot}1-9^m{\cdot}2$ Δ	A	$8^m{\cdot}8-9^m{\cdot}2$ Δ	A	F
VIII	$-0^m{\cdot}281$	83	$-0^m{\cdot}337$	7	$-0^m{\cdot}286$	90	$-0^m{\cdot}270$
VII	−0·250	224	−0·200	42	−0·242	266	256
VI	−0·229	508	−0·189	80	−0·223	588	183
V	−0·123	731	−0·118	145	−0·122	876	125
IV	−0·182	673	−0·154	127	−0·177	810	204
III	−0·213	406	−0·214	99	−0·213	505	261
II	−0·306	258	−0·341	65	−0·321	323	280
I	−0·378	80	−0·390	27	−0·381	107	285
Mittel	−0·205	2963	−0·196	602	−0·203	3565	

Hier steht unter Δ die Grössendifferenz, unter A die Zahl der Sterne, während F gleich zu erläutern ist. Es ist ersichtlich, wie die Zahlen alle gegen die V. Zone ein positives Maximum erreichen und überdies haben die Werthe, wenn man von solchen, die auf ganz wenigen Vergleichungen beruhen, absieht, einen so gesetzmässigen Verlauf, dass SEELIGER eine Ausgleichsformel für die Grössendifferenz BD — H. R. zu bestimmen unternimmt, in welche als Parameter eingehen: die relative Sterndichtigkeit D der betr. Zone, die in der Milchstrassenzone zu 1 angenommen, und dann in den Zonen I bis VIII successive gesetzt wird zu 0·35, 0·37, 0·45, 0·68, 1·00, 0·77, 0·47, 0·41, ferner das Product aus Grösse und Sterndichtigkeit und endlich die Sterndichte multiplicirt mit den Potenzen des Helligkeitsfaktors γ.

Die Formel, welche die obigen 48 Differenzen ausgleicht, lautet, wenn noch $\delta = D - 0{\cdot}7$ gesetzt wird:

$$BD - \text{H. R.} = c_m - 0^m{\cdot}014\,\delta - 0^m{\cdot}043\,(\delta\cdot m) + 0^m{\cdot}0368\,\delta\cdot\gamma^{m-6\cdot5}$$

worin c_m der Reihe nach für $m = 6{\cdot}5$ bis $9{\cdot}0$ die Werthe $-0^m{\cdot}016$, $-0^m{\cdot}058$ $-0^m{\cdot}067$, $-0^m{\cdot}067$, $-0^m{\cdot}118$, $-0^m{\cdot}199$ hat,
oder nach halben Grössenklassen ausgewerthet, es ist für

$$\begin{aligned}
m = 6.5 \quad BD - \text{H. R.} &= -0^m{\cdot}032 + 0^m{\cdot}023\,D\\
7{\cdot}0 \quad &= -0{\cdot}075 + 0{\cdot}024\,D\\
7{\cdot}5 \quad &= -0{\cdot}092 + 0{\cdot}035\,D\\
8{\cdot}0 \quad &= -0{\cdot}115 + 0{\cdot}068\,D\\
8{\cdot}5 \quad &= -0{\cdot}210 + 0{\cdot}131\,D\\
9{\cdot}0 \quad &= -0{\cdot}372 + 0{\cdot}246\,D
\end{aligned}$$

Da D stets positiv und höchstens = 1 ist, so zeigen sämmtliche Darstellungen, dass die Grössenzahlen der H. R. zwar immer die der BD übertreffen, dies aber um so weniger thun, je grösser die Sterndichte der betr. Zone ist. Beide Zahlenwerte der Darstellung, sowohl der absolute, wie der Faktor von D nehmen mit der Grössenzahl zu. Die 48 Werthergebnisse dieser Formeln sind unter der Ueberschrift F oben neben den direkten Vergleichungen mitgetheilt und stellen alle jene, die auf einer grösseren Zahl von Vergleichspunkten beruhen, befriedigend dar.

Zur Vergleichung der Grössenklassen der SD mit der Photometric Revision war die Anzahl der Anhaltpunkte viel geringer und SEELIGER musste sich begnügen, nur 3 Klassen $6^m{\cdot}6-7^m{\cdot}5$, $7^m{\cdot}6-8^m{\cdot}5$, $8^m{\cdot}6-9^m{\cdot}2$ zu bilden, nachdem eine erstmalige Trennung der letzten Klasse in $8^m{\cdot}6-9^m{\cdot}0$ und $9^m{\cdot}1-9^m{\cdot}2$ gezeigt, dass wesentliche Unterschiede nicht zwischen den beiden Theilen derselben beständen. Hier findet sich

		6m·6—7m·5		7m·6—8m·5		8m·6—9m·2	
		Δ	A	Δ	A	Δ	A
Zone	IX	— 0m·068	33	— 0m·268	49	— 0m·394	40
„	VIII	— 0·088	86	— 0·162	97	— 0·322	130
„	VII	— 0·066	101	— 0·114	112	— 0·261	132
„	VI	+ 0·128	81	+ 0·044	129	— 0·110	222
„	V	+ 0·052	111	— 0·062	147	— 0·084	276
„	IV	— 0·052	107	— 0·150	137	— 0·241	183
„	III	— 0·008	102	— 0·110	133	— 0·225	234
„	II	+ 0·021	39	— 0·085	46	— 0·257	62
	Mittel	— 0·009	660	— 0·099	850	— 0·197	1279

Also ist der Einfluss der Milchstrasse wieder sehr deutlich ausgesprochen, indessen ist das Verhalten nicht mehr so symmetrisch, wie bei der *BD* und namentlich die Zone VI zeigt Werthe, die z. Thl. noch mehr positiv sind als die in Zone V. Um nun auch hier eine Formel zu gewinnen, vereinigt SEELIGER die Zonen IV und VI, III und VII, II und VIII, und erhält, indem die relativen Sterndichtigkeiten der Zonen IX, ½ (II + VIII), ½ (III + VII), ½ (IV + VI), V zu 0·46, 0·47, 0·53, 0·75, 1·00 angenommen werden, als Darstellung

für 6m·6—7m·5 SD — H. R. = — 0m·150 + 0m·214 D
„ 7·6—8·5 — 0.229 + 0·196 D
„ 8·6—9·2 — 0·454 + 0·374 D.

Die weit grösseren Faktoren von D zeigen, dass bei den Helligkeitsschätzungen der *SD* die Sterndichte einen weit stärkeren Einfluss gehabt hat, als bei der *BD*.

Die 15 Werthe F dieser Formel neben die entsprechenden Δ gesetzt

	6m·6—7m·5		7m·6—8m·5		8m·6—9m·2	
Zone	Δ	F	Δ	F	Δ	F
IX	— 0m·068	— 0m·052	— 0m·268	— 0m·139	— 0m·394	— 0m·282
II und VIII	— 0·054	— 0·050	— 0·137	— 0·137	— 0·301	— 0·278
III „ VII	— 0·037	— 0·036	— 0·112	— 0·126	— 0·238	— 0·256
IV „ VI	+ 0·025	+ 0·011	— 0·056	— 0·082	— 0·170	— 0·174
V	+ 0·052	+ 0·064	— 0·063	— 0·033	— 0·084	— 0·080

zeigen immerhin, dass die Darstellung recht befriedigend ist.

Die beiden Formeln für BD — H. R. und SD — H. R. erlauben nun, die Beziehungen der beiden Durchmusterungen zu einander ebenfalls als Funktion der Sterndichte zu untersuchen. Man findet in Mittelwerthen für ganze Grössenklassen

7m·0 $SD - BD$ = — 0m·068 + 0m·180 D
8·0 — 0·115 + 0·128 D
9·0 — 0·083 + 0·128 D,

da $+ 0·3 < D < + 1$, so erreicht $SD - BD$ in den seltensten Fällen den Betrag einer zehntel Grössenklasse, wobei in den sternarmen Gegenden die *BD*, in den sternreichen aber die *SD* die höhere Grössenzahl haben würde, und auch diese Untersuchungen ergeben als Nebenresultat die fast völlige Uebereinstimmung der *SD* und *BD* in der Grössenskala bis 9m·0.

Die Vertheilung der Fixsterne.

Die vorstehend besprochenen Untersuchungen befähigen nun SEELIGER, dessen erste sich an die beiden Abzählungen der Durchmusterungen anschliessende

Arbeiten mehr in grossen Zügen die Sternvertheilung betrachteten, genauer nach Grössenklassen zu sondern. Der Milchstrassenpol, nach welchem Seeliger dabei die Zonen orientirt hat, ist der Houzeau'sche $12^h\,49^m + 27°\,30'$ und es scheint von vornherein klar, dass die Sternvertheilung sich um dieselbe Symmetrieebene anordnet, als das Phänomen der Milchstrasse. Zwei andere Untersuchungen bestätigen dies zwar zunächst nicht. Ristenpart hat in seiner öfter citirten Arbeit in den Tafeln der auf gleiche Flächen reducirten Sternzahlen, den Parallelkreisen und den Stundenkreisen entlang gehend, für die einzelnen halben Grössenklassen die Orte der Punkte grösster Sternzahlen ermittelt und unter der Voraussetzung, dass all diese Punkte auf einem kleinen Kreise, dem Schnitt der als Ebene angenommenen Milchstrasse mit der Sphäre, die die einzelnen Helligkeitsklassen trägt, lägen, den Pol und den sphärischen Radius dieses Kreises bestimmt. Es zeigte sich dabei aber, dass unmöglich alle Maxima auf einem Kreise liegen könnten und ausser einem Kreise, der die grösste Zahl dieser Stellen enthielt, musste ein zweiter angenommen werden für den kleineren Theil derselben mit einem stark abweichenden Pol. Diesem Ergebniss würde als räumliche Vorstellung die Thatsache einer gebrochenen Symmetrieebene entsprochen haben. Der Haupttheil derselben schnitt die Sphären, auf denen die Sterne von ganzer zu ganzer, später von halber zu halber Grössenklasse standen, in Kreisen, deren Pol in $A = 196°{\cdot}63$, $D = + 18°{\cdot}67$ lag und deren sphärische Radien sich für die einzelnen Helligkeitsklassen, wie folgt, ergaben:

	sphär. Radius	m. F.		sphär. Radius	m. F.
$9^m{\cdot}5-9^m{\cdot}1$	$90° + 0°{\cdot}76$	$1°{\cdot}11$	$6^m{\cdot}5\ -6^m{\cdot}00$	$90° + 4°{\cdot}60$	$1°{\cdot}59$
9·0—8·6	+ 2·05	0·51	5·99—5·00	+ 5·01	0·79
8·5—8·1	+ 2·46	0·47	4·99—4·00	+ 3·66	2·19
8·0—7·6	+ 1·24	0·96	3·99—3·00	+12·38	2·61
7·5—7·1	+ 1·80	1·24	2·99—2·00	+ 8·43	3·79
7·0—6·6	+ 1·48	1·15			

Dass alle sphärischen Radien 90° übersteigen, beweist, dass die Sonne zwischen dem Pole und der Hauptebene steht, also nördlich der letzteren, die Ueberschüsse der sphärischen Radien über 90° müssen für die helleren Sterne immer grösser werden, denn das von der Sonne auf die Hauptebene gefällte Perpendikel ist ja gleich dem Sinus dieses Ueberschusses mal dem Abstand der Sterne und ergiebt sich im Mittel zu dem 0·759fachen der Entfernung der Sterne erster Grösse.

Für den zweiten Theil der Punkte grösster Sternzahlen ergiebt sich ein Kreisstück, dessen Pol entweder in $191°{\cdot}10 + 55°{\cdot}75$ oder in $191°{\cdot}80 + 38°{\cdot}85$ liegt, je nachdem man die Bedingung, dass das Perpendikel gleich dem Abstand der Sternklasse mal dem Cosinus des sphärischen Radius sein muss, übersieht oder einführt. Letzterer Pol führt auf sphärische Radien, die um 4° bis 7° kleiner als 90° sind und somit aussagen, dass die Sonne südlich von dieser zweiten Hauptebene liegt. Die Länge des zweiten Perpendikels wird zu 8·75mal der Entfernung der Sterne erster Grösse oder ungefähr gleich der der Sterne sechster Grösse gefunden.

Prey[1]) hat auf dasselbe Material jedoch mit Zusammenfassung aller Grössenklassen von 6·0 bis 9·5 in eine einzige Tafel der Sternzahlen vom Nordpol bis zu — 23° Deklination eine mathematische Darstellung der Sternzahlen durch

[1]) Adalbert Prey, Ueber die Gestalt und Lage der Milchstrasse. Aus dem LXIII. Bande der Denkschriften der math.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften, Wien 1896.

eine Kugelfunction zweiter Ordnung angewandt unter Ausscheidung der Stellen, die einem zweiten Hauptzweige offenbar angehören. Wenn alle Sternzahlen durch 1834·3, die Maximalzahl überhaupt (in $\alpha = 295°$, $\delta = + 32°·5$) dividirt werden, findet sich folgende Darstellung:

$$\begin{aligned}0·4747 - 0·0726 \sin\delta + 0·1566(\tfrac{3}{2}\sin^2\delta - \tfrac{1}{2})\\ + [0·0126 \cos\delta + 0·3513 \sin\delta\cos\delta] \cos\alpha\\ + [0·0310 \cos\delta - 0·1734 \sin\delta\cos\delta] \sin\alpha\\ - 0·1857 \cos^2\delta \cos 2\alpha - 0·0945 \cos^2\delta \sin 2\alpha,\end{aligned}$$

die jedoch für verschiedene Parallelkreise, durch Curven dargestellt, dem wahren Verlauf der Sternzahlen nicht ausreichend folgt, es wird wohl der Ort, nicht aber die Höhe und Tiefe der Maxima und Minima wiedergegeben, sodass die Mitnahme von mehr Gliedern angezeigt gewesen wäre. Durch Differentiation nach α erhält PREY den Ort der Maximal- und Minimalsternzahlen ausgedrückt durch Nullsetzung von

$$\begin{aligned}- [0·0126 \cos\delta + 0·3513 \sin\delta\cos\delta] \sin\alpha + [0·0310 \cos\delta - 0·1734 \sin\delta\cos\delta] \cos\alpha\\ + 0·3714 \cos^2\delta \sin 2\alpha - 0·1890 \cos^2\delta \cos 2\alpha.\end{aligned}$$

Die Einführung rechtwinkliger Coordinaten zeigt ihm, dass ein zweischaliges Hyperboloid vorliegt, dessen Schnitte mit der Sphäre die Curven grösster und kleinster Sterndichtigkeit ergeben. Dasselbe ist nahe dem Zerfall in zwei Ebenen und diese Ebenen schneiden zwei Kreise aus von den Coordinaten:

A = Rectascension des Pols	199°·35	108°·55
D = Deklination des Pols	17·90	− 16·22
R = sphärischer Radius	91·33	91·77

Offenbar entspricht der erste Kreis dem Zuge der grössten, der zweite dem Zuge der kleinsten Dichtigkeiten; letzterer interessirt also nicht weiter.

Für den zweiten Theil der Maximalsternzahlen, der sofort als nicht dem Hauptzuge angehörig erkannt wurde, hat PREY nur 11 Punkte und bestimmt den Kreis, der sich ihnen möglichst anschmiegt, in derselben Weise wie RISTENPART aus der Gleichung

$$\sin\delta \sin D + \cos\delta \cos D \cos(\alpha - A) - \cos R = 0.$$

Er findet

$$A_2 = 182°·11$$
$$D_2 = 19·69$$
$$R_2 = 89·40.$$

Die beiden Resultate von RISTENPART und PREY stimmen bezüglich der ersten Hauptebene sehr gut überein, da sie sich in den Coordinaten des Poles nur um $\Delta A = 2°·73$, um $\Delta D = 0°·77$ unterscheiden. Dagegen stimmen die Pole der zweiten Hauptebene recht wenig untereinander ($\Delta A = 9°·69$, $\Delta D = 19°·16$), was an der kleinen Zahl des verschiedenartigen Materials liegt. Deswegen differiren auch die beiden Untersuchungen über die Lage und Entfernung der Schnittlinie beider Ebenen sehr.

So wunderbar nun auch vielleicht auf den ersten Blick die Ansicht von einer zweifachen Fundamentalebene erscheinen mag, so entspricht sie doch dem thatsächlichen Auftreten von zwei Sternverdichtungen über einen langen Zug der Milchstrasse, wo eine völlig symmetrische Anordnung nur ein Sternzahlenmaximum erzeugen würde. Man braucht nur die Sternzahlen in den RISTENPART'schen Tafeln der schwächeren Grössenklassen anzusehen und den Stundenkreisen $23^h 40^m$, $0^h 20^m$ und $1^h 0^m$ entlang zu gehen, um in den Deklinationen von ca. $52\frac{1}{2}°-62\frac{1}{2}°$ die Lücken zwischen zwei deutlichen Maximis zu finden. Es entspricht diesen Stellen nicht etwa eine Gabelung der sichtbaren Milchstrasse, sondern

nur die Durchmusterungssterne nehmen an derselben theil; eine ähnliche Gabelung, die ebenfalls mit der Milchstrasse nichts zu thun hat, bespricht CELORIA auf pag. (39) seiner scandagli, wo er die nach R. A. Stunden abgezählten Sterne der *BD* graphisch darstellt. Schon STRUVE hat in den études d'astronomie stellaire, pag. (82), den Gedanken einer gebrochenen Fundamentalebene ausgesprochen; beide Theile sollten um 10° gegen einander geneigt sein und ihre Schnittlinie im Himmelsäquator liegen.

Doch handelt es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um ein lokales Phänomen, herrührend von einem seitabgelagerten Sternhaufen und nicht um eine allgemeine Anordnung des ganzen Fixsternsystems; denn welche Art von Entstehung man ihm auch zuschreiben möge, keine wird sich angeben lassen, die eine Anordnung um zwei sich schneidende Ebenen zur Folge hätte. Jedenfalls aber dürfte heut zu Tage überhaupt die Berechtigung, die Sternvertheilung als ein Ganzes zu betrachten, bezweifelt werden, da die Ansicht, dass wir es mit vielen ausgedehnten Sternhaufen im Milchstrassensystem zu thun haben, wieder hervorzutreten beginnt, und keinesfalls dürfte die Annahme mit der Ableitung der Pole der grössten Sterndichten zugleich den Pol der Milchstrasse finden zu können auf Zustimmung rechnen, da, wie noch gezeigt werden wird, das Phänomen der Milchstrasse sich nicht auf die Vertheilung der Sterne bis zur 9. Grösse gründet. Die Schwierigkeit, welchen von den oben gefundenen Polen man für eine Anordnung der Sternzahlen nach galaktischen Zonen zum Ausgangspunkte wählen soll, wird sich daher nur so umgehen lassen, dass ein Punkt ungefähr in der Mitte aller dazu zu nehmen ist; auf ein paar Grade kann es ja nicht ankommen bei der Ableitung allgemeiner Resultate, die auf die speciellen Eigentümlichkeiten lokaler Abweichungen nicht eingehen. Der von SEELIGER angewandte HOUZEAU'sche Pol der Milchstrasse in $A = 192° 15'$, $D = 27° 30'$ entspricht aber dieser Bedingung recht nahe und ist daher gut geeignet, auch als Pol für die Untersuchung der Sternvertheilung zu dienen.

Demgemäss bildet SEELIGER neun 20° breite Kugelzonen von diesem Pole aus und bezeichnet sie mit I bis IX, sodass der Nordpol selbst inmitten der ersten, die eine Kalotte ist, liegt, der Aequator dieses Systems, die Milchstrasse, in der fünften. Es ist natürlich nicht möglich, die ungeheure Arbeit der Umrechnung der äquatorealen Sternörter in galaktische auszuführen, es genügt aber auch, da die Abzählungen nach 5° hohen und 40^m breiten Trapezen angestellt sind, die Begrenzungslinien dieser galaktischen Zonen als gebrochene Linien den natürlichen Grenzlinien der Trapeze entlang laufen zu lassen, wobei eine graphische Darstellung der galaktischen Parallelkreise am Schluss von SEELIGER's Abzählungen der *SD* einen bequemen Anhalt bietet.

Die Sternzahlen in den einzelnen Zonen werden dann für die *BD*

	Areal in □ Graden	1—6·5	6·6—7·0	7·1—7·5	7·6—8·0	8·1—8·5	8·6—9·0	9·1—9·5	teleskop. Sterne. 6·6—9·5
Zone I	1398·7	208·5	177	308	475	992	2116	7831	11 899
„ II	2749·8	425·5	359	580	980	2050	4403	16235	24 607
„ III	3654·1	632·0	581	929	1565	3163	7004	27035	40 277
„ IV	3548·1	759·0	718	1152	2180	4316	10230	40893	59 489
„ V	3539·3	958·0	1039	1503	2977	5983	14017	61556	87 075
„ VI	2990·9	738·0	691	1070	1942	4042	9348	39509	56 602
„ VII	2076·1	321·5	260	412	839	1829	4336	16384	24 060
„ VIII	669·6	77·5	62	100	210	523	1398	4530	6 823
Summe	20626·7	4120	3887	6054	11168	22898	52852	213973	310832

Die neunte, den galaktischen Südpol umschliessende Zone kommt in der *BD* nicht vor. Die Anzahl der Quadratgrade, die jede Zone im Bereiche der *BD* bedeckt, ist in der zweiten Columne mit vermerkt.

Dividirt man alle Zahlen durch die zweite Columne, so erhält man die auf der Fläche eines Quadratgrades durchschnittlich in den Zonen stehenden

Sterne	1·0—6·5	6·6—7·0	7·1—7·5	7·6—8·0	8·1—8·5	8·6—9·0	9·1—9·5	6·6—9·5
Zone I	0·1491	0·1266	0·2202	0·3396	0·7092	1·5128	5·5988	8·5070
„ II	0·1547	0·1306	0·2109	0·3564	0·7455	1·6012	5·9041	8·9488
„ III	0·1730	0·1590	0·2542	0·4283	0·8656	1·9168	7.3987	11·0225
„ IV	0·2139	0·2024	0·3247	0·5144	1·2164	2·8833	11·5255	16·7665
„ V	0·2707	0·2936	0·4247	0·8411	1·6904	3·9603	17·3920	24·6022
„ VI	0·2468	0·2310	0·3578	0·6493	1·3514	3·1255	13·2100	18·9248
„ VII	0·1549	0·1252	0·1985	0·4041	0·8810	2·0888	7·8917	11·5892
„ VIII	0·1157	0·0926	0·1493	0·3136	0·7810	2·0878	6·7652	10·1898

Es zeigt sich also überall in der Milchstrassenzone auch die grösste Zahl der Durchmusterungssterne. Die Vertheilung ist aber keineswegs vollkommen symmetrisch, namentlich die VI. Zone ist überall dichter besetzt als die IV. Dies rührt mit daher, dass die oben besprochene zweite Hauptebene PREY's und RISTENPART's in ihren ausgeprägtesten Stellen bei 0^h und 50° in die VI. Zone fällt. Ferner ist der Ueberschuss der II. Zone über die erste nur ein recht geringer, herrührend von der bekannten Thatsache, dass der Milchstrassenpol durchaus nicht in der sternärmsten Gegend liegt. Die mittlere Zunahme einer Zone gegen die nächste findet SEELIGER, indem er die Summe der Sterndichten durch die der Zone V dividirt und die Differenz der Quotienten gegen 8 durch 7 theilt. Das Resultat nennt SEELIGER den Gradienten. Offenbar würde bei gleichmässiger Vertheilung der Sterne in allen Zonen aus diesem Rechnungsvorgang der Werth 0, bei völliger Sternleere der Zonen, ausser der V. aber der Werth 1 herauskommen. Ersterer Annahme würde eine ganz gleichmässig mit Sternen erfüllte Kugel, letzterer aber eine ganz flache Scheibe in Richtung der Milchstrasse entsprechen. Die Werthe der Gradienten lassen also erkennen wie weit die Form des Sternsystems von beiden Extremen entfernt ist. Nun finden sich die Gradienten

1^m — 6^m·5	0·3625
6·6 — 7·0	0·4806
7·1 — 7·5	0·4229
7·6 — 8·0	0·4725
8·1 — 8·5	0·4465
8·6 — 9·0	0·4511
9·1 — 9·5	0·5211
6·6 — 9·5	0·5009

Es zeigt sich also bei den helleren Sternen der Klasse 1—6·5 ein Hinneigen zur Kugelform, das immer weniger deutlich bei den schwächsten Sternen wird, und ersteres tritt noch klarer hervor, wenn SEELIGER die HOUZEAU'schen dem unbewafneten Auge sichtbaren Sterne einer ähnlichen Untersuchung unterwirft, getrennt für die Sterne $1—3^m$ und $4—6^m$, für erstere findet sich der Gradient 0·3375, für letztere 0·1909, und da die ganz hellen Sterne wegen ihrer geringen Anzahl nicht sehr ins Gewicht fallen, ergiebt sich hieraus für die dem unbewaffneten Auge sichtbaren Sterne eine starke Annäherung an die gleichförmige Vertheilung. Das Gesammtbild des Sternsystems ist aber keineswegs

die Herschel'sche flache Scheibe, sondern ein ziemlich stark abgeplattetes Ellipsoid.

Für die Sterne der *SD* findet Seeliger, indem diesmal die Zone I[1]) überhaupt nicht ins Gebiet der bis zum Aequator erweiterten *SD* hineinreicht, die Sternzahlen

Zone	Areal in □ Graden	1—6·5	6·6-7·0	7·1-7·5	7·6-8·0	8·1-8·5	8·6-9·0	9·1-9·5	9·6-10·0	Summe	9·1-10·0
II	397·1	61	65	81	164	287	730	2073	1736	5197	3809
III	1472·5	204	231	343	604	1224	3008	8559	6110	20283	14669
IV	1041·7	176	204	292	559	1199	2707	8343	7970	21450	16313
V	980·2	194	197	330	593	1423	4053	12489	8930	28209	21419
VI	980·6	222	202	269	602	1283	3171	9888	6475	22112	16363
VII	878·3	161	135	214	395	883	2004	5897	5015	14704	10912
VIII	1121·0	175	176	207	409	934	2104	5986	5399	15390	11385
IX	468·2	72	66	92	190	368	856	2330	2261	6225	4591
Summe.	7339·6	1265	1276	1828	3516	7601	18633	55565	43896	133580	99461

und demnach die Zahl der Sterne auf dem Quadratgrade

Zone	1—6·5	6·6—7·0	7·1—7·5	7·6—8·0	8·1—8·5	8·6—9·0	9·1—9·5	9·6—10·0	Summe	9·1—10·0
II	0·154	0·163	0·204	0·413	0·723	1·838	5·220	4·371	13·087	9·592
III	0·139	0·157	0·233	0·410	0·831	2·043	5·812	4·149	13·774	9·962
IV	0·169	0·196	0·280	0·537	1·151	2·599	8·009	7·651	20·591	15·660
V	0·198	0·201	0·337	0·605	1·452	4·135	12·742	9·110	28·779	21·852
VI	0·226	0·206	0·274	0·614	1·308	3·234	10·084	6·603	22·549	16·687
VII	0·183	0·154	0·244	0·450	1·005	2·282	6·714	5·710	16·741	12·424
VIII	0·156	0·157	0·185	0·365	0·833	1·877	5·340	4·816	13·729	10·156
IX	0·154	0·141	0·197	0·406	0·786	1·828	4·977	4·829	13·317	9·806

Das Uebergewicht der Milchstrasse ist hier auf den ersten Blick viel geringer, ja in den 3 Helligkeitsklassen 1—6·5, 6·6—7·0, 7·6—8·0 übertrifft die VI. Zone die V. an Sterndichtigkeit; dementsprechend fallen auch die Gradienten erheblich kleiner aus als für die *BD*, nämlich

1^m — 6^m·5	0·148	8^m·6 — 9^m·0	0·458
6·6 — 7·0	0·166	9·1 — 9·5	0·482
7·1 — 7·5	0·314	9·6 — 10·0	0·402
7·6 — 8·0	0·246	9·1 — 10·0	0·449
8·1 — 8·5	0·347	1 — 10·0	0·435

Seeliger hält es indessen für verfrüht, aus diesen kleineren Gradientenzahlen auf eine wesentlich andere Sternvertheilung auf der Südhalbkugel zu schliessen, weil dazu doch erst die Sternabzählungen auch südlich des — 23. Parallels mit herangezogen werden müssten.

Nach der Ableitung der ersten allgemeinen Resultate aus den Abzählungen der *BD* und *SD* benutzt Seeliger seine Feststellungen über die Beziehungen der *BD*-Grössen zu der photometrischen Skala ($log\ \gamma = 0·4$), um in der Arbeit »Betrachtungen über die räumliche Vertheilung der Fixsterne« die Gestalt des

[1]) Seeliger numerirt die Zonen jetzt umgekehrt wie bei der *BD*, hier ist dieselbe Numerirung wie bei *BD* eingeführt worden.

Fixsternsystems selbst zu erforschen. Bezeichnet A_m die Anzahl aller Sterne bis zur Grösse m, so finden sich in der *BD*:

bis zur Grösse	A_m	$\log \alpha$	$\log \alpha_0$
6·5	4120	—	—
7·0	8007	0·289	0·267
7·5	14061	0·245	0·240
8·0	25229	0·254	0·253
8·5	48127	0·281	0·254
9·0	100979	0·322	0·274

α ist $= \frac{A_m}{A_{m-\frac{1}{2}}}$, giebt also das Verhältniss der Sterne bis zu einer bestimmten Grössenklasse zu denen bis zu der eine halbe Klasse helleren an. Die $\log \alpha$ zeigen nicht unerhebliche Schwankungen, die aber in den $\log \alpha_0$ bedeutend kleiner geworden sind, nachdem hier die Grenzen der Klassen auf photometrische Grössen umgerechnet sind. Nimmt man als Mittel der $\log \alpha_0$ 0·258, so darf man also allgemein aussprechen, dass die Anzahl der Sterne bis zu einer bestimmten photometrischen halben Klasse sich zu der nächstvorgehenden (nach halben Klassen abgetheilt) wie 1·81 zu 1 verhält, während eine gleichförmige Vertheilung $\log \alpha_0$ zu 0·300, also $\alpha_0 = 1·995$ ergäbe. Die Anzahl der Sterne nimmt also langsamer mit der Sterngrösse zu, als eine gleichmässige Vertheilung erforderte. Die Sterne sind um die Sonne etwas zusammengedrängt.

Wenn man aber, anstatt die Gesammtheit der Sternzahlen zu betrachten, nach den bekannten Zonen parallel zur Milchstrasse sondert und gleich auf photometrische Grössen reducirt, so findet sich

Zone	$\log \alpha^0_{7·0}$	$\log \alpha^0_{7·5}$	$\log \alpha^0_{8·0}$	$\log \alpha^0_{8·5}$	$\log \alpha^0_{9·0}$	Σ	Mittel
I	0·246	0·248	0·222	0·232	0·239	1·187	0·237
II	245	234	230	239	244	192	238
III	261	241	234	236	250	222	244
IV	267	245	262	251	280	305	261
V	294	242	272	267	300	375	275
VI	265	239	247	257	281	289	258
VII	237	228	262	266	279	272	254
VIII	235	230	268	294	315	342	268
Mittel	0·256	0·239	0·250	0·255	0·274		

Es ist also überall eine deutliche Zunahme der $\log \alpha_0$ gegen die Milchstrasse zu verzeichnen, wenn man von einzelnen Werthen in der VIII. Zone absieht, die nur mit einem kleinen Areale in der *BD* vertreten ist, sodass Zufälligkeiten mehr Einfluss gewinnen. Einmal, nämlich für die Sterne $9^m·0$, wird in der Milchstrasse sogar der Werth 0·300 erreicht. Der Umstand, dass nach der Milchstrasse hin die $\log \alpha_0$ zunehmen, sagt den Satz aus:

Die Verlangsamung der Zunahme der Sternzahlen mit der Grösse tritt um so stärker auf, je grösser die galaktische Breite der betr. Region ist und kommt in der Milchstrasse selbst stellenweise fast zum Stillstand. Die Gegenden, durch welche der Visionsradius streift, werden also mit der Entfernung relativ sternärmer, und zwar um so stärker, je grösser die galaktische Breite ist.

Die *BD*-Sterne schwächer als $9^m·0$ zeigen ein ähnliches Verhalten und $\alpha_{9·5}$ ist ebenso in der Milchstrasse ein Maximum, wie die analogen Werthe von $\alpha_{9·5}$

und $\alpha_{10 \cdot 0}$ für die *SD*. Die Sternzahlen auf den Quadratgrad bis zur Grösse 9·0 beider Durchmusterungen werden für die

Zone	D	BD	SD	D'
I	3·06	9·285	—	2·78
II	3·24	280	9·278	3·03
III	3·80	261	256	3·54
IV	5·34	204	174	5·32
V	7·36	125	080	8·17
VI	5·94	183	174	6·07
VII	3·99	256	256	3·71
VIII	3·56	270	278	3·21
IX	3·51	—	282	3·14

Dabei entsprechen aber die Grenzgrössen 9·0 den in der Tabelle unter *BD* und *SD* gleich mit aufgenommenen photometrischen Grössen und es liegt nahe alles auf die photometrische Grösse 9·2 zu reduciren, welche ungefähr die Mitte zwischen den vorkommenden hält. Thut man dies, so stehen auf dem Quadratgrad die unter *D'* angegebenen Zahlen von Sternen bis $9^{m} \cdot 2$. Die Sterndichtigkeit darf danach in erster Annäherung als eine grade Function der galaktischen Breite angesprochen werden. Werden daher in der obenstehenden Tafel für $log\, \alpha_0$ die symmetrisch zur Milchstrasse gelegenen Zonen zusammengezogen, und führt man in der theoretischen Formel für $log\, \alpha_0$ in den Exponenten noch den Subtrahenden λ ein, so lautet dieselbe

$$log\, \alpha_0 = log \left(\frac{h_{m-\frac{1}{2}}}{h_m}\right)^{\frac{3-\lambda}{2}} = log\, \gamma^{\frac{1}{2} \cdot \frac{3-\lambda}{2}} = \frac{3-\lambda}{2} \cdot 0{\cdot}2 = \frac{3-\lambda}{10}$$

und es sind die Werthe von $log\, \alpha_0$ und λ die folgenden

Zone	$log\, \alpha_0$	λ
I	0·237	+ 0·63
II und VIII	243	57
III „ VII	248	52
IV „ VI	260	40
V	275	25

Somit hängt λ in erster Näherung nur von der galaktischen Breite ab, es ist zwar wie Seeliger nachweist, in verschiedenen Gegenden derselben Zone recht verschieden, und namentlich von der Grösse nicht unabhängig, doch genügen für eine allgemeine Betrachtung obige Mittelwerthe.

Celoria's Abzählungen in der äquatorealen Zone von 0° bis 6° nördlicher Deklination, die wohl bis zu den Sternen 11½. Grösse gehen werden, vertheilt nun Seeliger zunächst in die einzelnen galaktischen Zonen; weder die erste noch die neunte Zone kommen vor. Das Verhältniss der Zahlen dieser Sterne *C* zu den Sternen *B* der *BD* auf den gleichen Flächen erläutert die folgende Tabelle, in der *J* das Areal in Quadratgraden, C_1 und B_1 aber die Anzahlen dieser Sterne auf den Quadratgrad bedeuten.

Zone	C	B	J	C_1	B_1	B_0	$log \frac{C_1}{B_1}$	$log \frac{C_1}{B_0}$	$log \left(\frac{C_1}{B_1}\right)_0$
II	27352·5	1230·5	404·4	67·6	3·04	3·20	1·347	1·325	1·386
III	22551·2	932·2	284·6	79·3	3·28	3·80	384	320	415
IV	29468·8	1487·8	254·6	115·7	5·83	5·45	297	327	299
V	41820·2	1833·2	284·6	146·9	6·44	7·48	358	293	315
VI	31705·5	1472·3	284·6	111·4	5·22	5·96	333	272	324
VII	25618·3	1342·5	329·5	77·7	4·07	3·85	281	305	312
VIII	22264·5	1184·5	314·5	70·8	3·77	3·54	274	301	319

Die $log \frac{C_1}{B_1}$ könnten vielleicht eine schwache Zunahme gegen die Milchstrasse andeuten, führt man aber statt B_1, der Zahl der *BD*-Sterne auf den Quadratgrad innerhalb des von den Celoria-Sternen bedeckten Areals, die Zahl B_0 der *BD*-Sterne pro Quadratgrad innerhalb der betr. Zone überhaupt ein, um lokale Unregelmässigkeiten in der Vertheilung der *BD*-Sterne besser auszugleichen, so ist in den Zahlen $log \frac{C_1}{B_0}$ eine bedeutend grössere Gleichmässigkeit eingetreten, und dieselbe wird kaum gestört, wenn in $log \left(\frac{C_1}{B_1}\right)_0$ nun die Zahl der *BD*-Sterne bis zur photometrischen Grösse $9^{m}\cdot2$ pro Quadratgrad wie oben eingesetzt wird. Namentlich die geringe Verschiedenheit der Zahlen in der Columne $log \frac{C_1}{B_0}$ von dem Mittel 1·307 beweist, dass sich im Mittel die Celoriasterne in ihrer Vertheilung in Bezug auf die Milchstrasse ebenso verhalten wie die *BD*-Sterne der ersten 9 Grössenklassen.

Ganz anders wird aber das Resultat, wenn man die Sternaichungen der beiden Herschel mit heranzieht. Bildet man auch hier nach Zonen vertheilt die Anzahlen *H* der Sterne pro Quadratgrad und stellt zum Vergleich die der Celoria-Sterne unter *C* aus der vorigen, der *BD*-Sterne unter *D* aus der Tafel auf Seite 88 wieder zusammen, so folgt

Zone	H	C	D	$\frac{C}{D}$	$\frac{H}{D}$	$\frac{H}{C}$
I	107	—	3·06	—	35·0	—
II	154	67·6	3·24	20·9	47·5	2·28
III	281	79·3	3·80	20·8	73·9	3·54
IV	560	115·7	5·34	21·7	104·9	4·84
V	2019	146·9	7·36	20·0	274·3	13·74
VI	672	111·4	5·94	18·8	113·1	6·03
VII	261	77·7	3·99	19·5	65·4	3·36
VIII	154	70·8	3·56	19·9	43·3	2·18
IX	111	—	3·51	—	31·6	—

Das Verhältniss $\frac{C}{D}$ ist, wie schon eben gesagt, nahezu constant für alle Zonen, dagegen ist ein ungeheures Anwachsen der $\frac{H}{D}$ gegen die Milchstrasse ausgeprägt. Wir erhalten kleinere und übersichtlichere Zahlen, wenn wir statt der $\frac{H}{D}$ die $\frac{H}{C}$ betrachten, was gestattet ist, da die Vertheilung der *D* und *C* die gleiche ist. Während also in den Zonen II und VIII die Herschel'schen-Sterne an Zahl die Celoria-Sterne nur um mehr als das doppelte übertreffen, wird es in der Milchstrasse beinahe das 14 fache, also 7 mal soviel. In hohen galaktischen Breiten nehmen also die schwächeren Sterne überaus langsam an Zahl zu und man kann sich fast des Gedankens nicht erwehren, dass hier schon Celoria nahe an die Grenzen des Systems vorgedrungen ist und Herschel nicht mehr viel weiter gehen konnte. Aber auch in der Milchstrasse ist die Zunahme weit geringer als man erwarten sollte, wenn Herschel's Grenzklasse thatsächlich mehrere Grössen tiefer liegt als bei Celoria.

Um nun zu bestimmten Vorstellungen über die Gestalt der Begrenzung des Sternsystems zu gelangen, entwickelt SEELIGER zunächst ganz allgemein die Formeln, welche zwischen Sterndichtigkeit, Häufigkeit des Vorkommens von Sternen bestimmter Helligkeit und der Anzahl der Sterne bis zu einer gewissen Grössenklasse bestehen, beschränkt sich dann aber auf einfache plausible Annahmen, um zahlenmässige Ergebnisse zu erhalten. Der Ausdruck für die Häufigkeit des Vorkommens von Sternen von der Helligkeit H in der Entfernung 1, $\varphi(H)$ werde $= \frac{1}{H}$, also der Helligkeit umgekehrt proportional, die Sterndichte D aber $= K \cdot r^{-\lambda}$, wo λ der Werth aus der kleinen Tafel auf pag. 88 ist, gesetzt. Ist ferner h_n die Grösse, welche die hellsten Sterne von der Grösse h_0 annehmen würden, wenn sie aus der Entfernung 1 an die Grenzen des Fixsternsystems versetzt würden, dann findet SEELIGER für die Anzahl aller Sterne bis zur Grösse m', wenn $m' \leqq n$ ist, also für die Sterne, die heller sind als jene Grenzgrösse

$$A_{m}' = K \cdot d\omega \left(\frac{h_0}{h_{m}'}\right)^{\frac{3-\lambda}{2}} \cdot \frac{2}{(3-\lambda)(5-\lambda)},$$

wenn aber $m \geqq n$, also für die allerschwächsten Sterne

$$A_m = K d\omega \left(\frac{h_0}{h_n}\right)^{\frac{3-\lambda}{2}} \left(\frac{1}{3-\lambda} - \frac{1}{5-\lambda}\frac{h_m}{h_n}\right);$$

$d\omega$ ist hier ein Flächenelement an der Sphäre.

Setzt man in letzterer Formel $m = \infty$, bestimmt also die Zahl aller Sterne überhaupt bis zu den am schwächsten leuchtenden (jedoch mit Ausschluss der dunkeln), so ist $h_m = 0$ und es wird

$$A_\infty = K d\omega \left(\frac{h_0}{h_n}\right)^{\frac{3-\lambda}{2}} \frac{1}{3-\lambda}.$$

Um K zu eliminiren, bestimmen wir

$$\frac{A_m}{A_{m}'} = \tfrac{1}{2}\left(\frac{h_{m}'}{h_n}\right)^{\frac{3-\lambda}{2}} \left\{5 - \lambda - (3-\lambda)\frac{h_m}{h_n}\right\} \text{ und } \frac{A_m}{A_\infty} = 1 - \frac{3-\lambda}{5-\lambda}\frac{h_m}{h_n}$$

Wenn wir nun $m' = 9.0$ der photometrischen Skala, m aber gleich der unbekannten Helligkeit der HERSCHEL'schen Sterne setzen, so ist A_m und A_m' bekannt, also h_n dann zu bestimmen, wenn wir noch für m irgend eine plausible Annahme in der gleichen Skala setzen. SEELIGER macht dafür die vier Annahmen

a) $13^m{\cdot}5$, *b*) $14^m{\cdot}0$, *c*) $14^m{\cdot}5$, *d*) $15^m{\cdot}0$,

sodass wir haben für die

Zone	λ	$A_m : A_m'$	*n* a	*n* b	*n* c	*n* d
I u. IX	0·63	33·3	11·58	11·55	11·53	11·51
II „ VIII	0·57	45·4	11·81	11·76	11·73	11·72
III „ VII	0·52	69·7	12·17	12·10	12·06	12·04
IV „ VI	0·40	109·0	12·42	12·33	12·29	12·27
V	0·25	274·3	13·22	12·95	12·86	12·81.

$\frac{A_m}{A_m'}$ ist hier aus der Zusammenstellung auf pag. 89 entnommen. Für die Unbekannte h_n aber liefert die Gleichung nun die in der Tabelle für die 5 Zonen und die 4 Annahmen getrennten Werthe von h_n als die Helligkeiten, welche die hellsten Sterne, z. B. Sirius zeigen würden, wenn sie an die Grenzen des Sternsystems versetzt würden; dieselben sind für die 4 Annahmen merkwürdig wenig verschieden. Stehen diese hellsten Sterne ursprünglich im Abstande einer

Siriusweite, so ist nun r_1 der Radiusvektor der Grenzfläche des Sternsystems zu berechnen als

$$log\, r_1 = \frac{n+2}{2} \cdot 0{\cdot}4,$$

wenn die Helligkeit der Siriussterne zu — 2 angesetzt wird. Für die vier Annahmen wären die Radienvektoren r_1 dann

	a	*b*	*c*	*d*
Zone I u. IX	520	513	508	503
„ II „ VIII	578	565	557	555
„ III „ VII	682	661	649	643
„ IV „ VI	766	735	721	715
„ V	1108	977	938	916

Die Entfernung des Systems in der Richtung nach dem Pole der Milchstrasse kommt also zu rund 500, in der Richtung der Milchstrasse selbst zu 900 bis 1100 Siriusweiten heraus.

Die zweite obige Formel aber ergiebt für die Gesammtzahl aller Sterne, wenn wir gleich für alle Zonen addiren, und wenn $A_{m'}$ die Zahl der Herschel-schen Sterne zu 27 Millionen angenommen wird, je nach den 4 Voraussetzungen über h_n

41·8, 32·8, 30·1, 28.9 Millionen.

Ueber die Sterndichtigkeiten in den verschiedenen Theilen dieses Sternsystems erhalten wir Auskunft, wenn wir in den Ausdruck für A_m', $K = D{\cdot}r^\lambda$ einsetzen und nach D auflösen. Es resultirt

$$D = \left(\frac{h_m'}{h_0}\right)^{\frac{3-\lambda}{2}} \cdot \frac{A_m'}{d\omega} r^{-\lambda} \frac{(3-\lambda)(5-\lambda)}{2}.$$

Indem wir für $\frac{A_m'}{d\omega}$ die Anzahl der Sterne bis zur $9^m{\cdot}0$ der BD, für $log\, \frac{h_m'}{h_0}$ demgemäss — 4·4 setzen, erhalten wir zusammengehörige Werthe von r und D, die Seeliger graphisch darstellt, die aber auch aus folgender von Kobold in seinem Referat in V. A. G. 34. Jahrgang, Heft 3 gegebenen Tabelle übersichtlich hervorgehen. Nennt man die Sterndichtigkeit in der Entfernung 1 und in der Richtung nach dem galaktischen Pole 1, so entsprechen die Dichtigkeiten D der folgenden Tabelle den beigesetzten Entfernungen r, wobei nach den 4 galaktischen Breiten 0°, 30°, 60°, 90° unterschieden ist.

D	*r* für die galaktische Breite			
	0°	30°	60°	90°
1·0	0·07	0·36	0·60	1·00
0·8	0·16	0·58	1·11	1·41
0·6	0·51	1·11	1·82	2·22
0·4	2·58	2·72	3·66	4·18
0·2	12·95	5·16	6·01	6·56
0·1	662	59	40	36
0·05	10570	277	132	108

Die Tabelle zeigt, wie rasch in der Richtung nach dem Pol die Dichtigkeit $\frac{1}{20}$ erreicht wird, während man in der Hauptebene beinahe 100 mal so weit gehen muss. Das ganze Fixsternsystem ist nach diesen Untersuchungen von Seeliger also in grossen Zügen enthalten in einer Rotationsfigur, die ganz roh einem Ellipsoid ähneln würde, dessen kleine Axe etwa halb so gross ist wie die Hauptaxe, die Dichtigkeit in demselben ist aber stark verschieden, und nimmt

in der Hauptebene sehr langsam, nach den Polen zu aber sehr rasch ab. Die eigentliche Milchstrasse hat damit zunächst nichts zu thun.

Neben diesen höchst wichtigen Untersuchungen SEELIGER's, die zum ersten Mal auf der Grundlage wirklicher Beobachtungsergebnisse unsere Anschauung vorwärts führen in den Raum, von der Sphäre weg, an der sie bislang gehaftet, stützen die Anschauung auch mehrere graphische Darstellungen, obschon sie auf der Sphäre bleiben. Da sind zunächst die Planisferi Schiaparelli's, die seiner Publikation »Sulla distribuzione apparente delle stelle visibile ad occhio nudo« beigegeben sind. Sie stellen in stereographischer Polarprojection beide Hemisphären dar, und geben in Trapezen, die von 5° zu 5° abstehenden Deklinations- und 20^m zu 20^m auseinanderliegenden Stundenkreisen begrenzt werden, erstlich die Zahl aller Sterne bis zur Grösse 6·00, nachdem die Trapeze auf eine Ausdehnung von 100 Quadratgraden reducirt sind. Die das Mittel, das ungefähr 10 ist, übertreffenden Trapeze sind blau gezeichnet, die mehr als 15 Sterne enthaltenden in stärkerem und die 20 und mehr Sterne tragenden in ganz tiefem Blau. Der Zug der Milchstrasse tritt auf diese Weise angenähert hervor, doch sind in dieser wieder mehrere von einander getrennte Hauptdichtigkeitscentren ausgeprägt. Das intensivste und grösste zieht an der Südhalbkugel von $13^h - 65°$ rückläufig zum Aequator, der in $5\frac{1}{2}^h$ geschnitten wird, und endet in $3^h + 30°$. Die allerdichteste Stelle liegt in $8^h - 45°$ mit 28 Sternen auf 100 Quadratgrade. Ein anderer ausgedehnter Streifen grösster Sterndichte läuft dann von $1^h + 55°$ rückläufig nach $17^h 20^m + 25°$ mit einem Maximum von $20\frac{1}{2}$ Sternen in $20^h 10^m + 45°$. Wenn diese aus dem allgemeinen Verlauf der Milchstrasse hervortretenden stärkeren Dichtigkeiten als Repräsentanten von nahen und deshalb ausgedehnten Sternhaufen gedeutet werden können, so stände die Sonne also genau in der Mitte von 2 der grössten derselben. SCHIAPARELLI giebt dann auch die bildlichen Darstellungen der Vertheilung der Sterne jeder Grössenklasse von 5·00—6·00, 4·00—5·00, 3·00—4·00, 2·00—3·00 (in zwei verschiedenen grossen Trapezabschnitten) und endlich der Sterne bis zur 2·00 Grösse, natürlich müssen die Trapeze allmählich grösser dabei ausfallen, für die hellsten Sterne ist nur eine Zerfällung nach 8 Oktanten gewählt. Die beiden ersten Klassen zeigen noch ungefähr dieselbe Anordnung wie die Gesammtheit, die helleren aber nicht mehr und beweisen damit die noch genauer zu besprechende Existenz eines gesonderten Sternhaufens in unmittelbarer Nähe der Sonne. Zum Schluss legt SCHIAPARELLI alle Sterne der Uranometria Argentina bis zu 95° Südpolardistanz und $6^m \cdot 2$ in einer gesonderten Darstellung nieder, die wieder den oben bezeichneten Sternhaufen in $8^h - 45°$ offenbart.

STRATONOFF hat in seinem Atlas zu den »Etudes sur la structure de l'univers«[1]) diese Darstellungen fortgesetzt für die Sterne der *BD* und zwar in 9 Karten, deren erste die Sterne 1^m—$6^m \cdot 0$ behandelt, dann ist jeder halben Grössenklasse eine Karte gewidmet, und endlich eine für die Darstellung der Sterne 1^m—$9^m \cdot 0$ bestimmt. Aus allen geht hervor, dass das Minimum der Dichtigkeit nicht im Pole der Milchstrasse[2]) liegt, sondern zwar bei 13^h, aber mehr nach dem Aequator zu verschoben, nur für die Sterne $8^m \cdot 6$—$9^m \cdot 0$ und $9^m \cdot 1$—$9^m \cdot 5$ ist der Nordpol der Milchstrasse selbst das Dichtigkeitsminimum. Die Maxima liegen der Milchstrasse ungefähr entlang, zeigen aber stellenweise nicht unbeträchtliche Ab-

[1]) Publications de l'observatoire de Tachkent, N. 2. Tachkent 1900.

[2]) Dies ist wahrscheinlich dem Zufall zuzuschreiben, dass dort der Sternhaufen Coma Berenices steht.

weichungen. Die Sternzahlen nehmen von dieser Hauptlinie gegen den Milchstrassenpol nicht gleichförmig ab, sondern für die helleren Klassen der teleskopischen Sterne ist die Gegend des äquatorialen Poles stärker besetzt als die gleichen galaktischen Breiten in der Nähe des Himmelsäquators. Dies kann aber ein scheinbares Phänomen sein, welches durch die andersartige Durchmusterung der Polargegenden (vergl. Band III, 2, pag. 519) entstanden ist Es folgt aber weiter aus diesen graphischen Darstellungen aufs neue, dass das optische Phänomen der Milchstrasse nichts mit der Vertheilung der *BD*-Sterne bis $9^m \cdot 5$ zu thun hat. Weder ist die Gabelung der Milchstrasse vom Schwan bis zum Schützen auf den Karten irgendwie angedeutet, noch fallen die breiten und engen Stellen derselben mit solchen des Zuges der Maximaldichtigkeit zusammen, noch liegen die Dichtigkeitsmaxima im allgemeinen auf den Stellen grösster Helligkeit der Milchstrasse. Von Houzeau's 21 *points d'éclat maximum*, die auf den Nordhimmel fallen, kämen für eine solche Coincidenz nur 2 oder 3 in Betracht.

Die Karten offenbaren dann aber nicht ein, sondern mehrere Dichtigkeitsmaxima in der Hauptzone, deren Lage unter den Sternen sich gut beurtheilen lässt, da Stratonoff die helleren Sterne durch rothe Punkte fixirt hat. Sieht man von den Karten der hellsten halben Grössenklassen ab, die zu wenig Sterne enthalten, so zeigen die Sterne $7^m \cdot 1-7^m \cdot 5$ zunächst dieselbe Condensation zwischen Leyer und Cassiopea, welche auch Schiaparelli's Karten offenbarten, mit dem Hauptmaximum in $20\frac{1}{2}^h + 45°$. Zwei Condensationen von kleinerem Umfange liegen um $3\frac{1}{2}^h + 40°$ im Perseus und um $5\frac{1}{2}^h + 40°$ im Fuhrmann. In der Karte der Sterne $7^m \cdot 6-8^m \cdot 0$ ist die Hauptcondensation ausgedehnter und kräftiger, die zweite ist fast verschwunden, und nur in zwei kleinen Stellen im südlichen Perseus angedeutet, die dritte im Fuhrmann ist ausgedehnter geworden. Die Sterne $8^m \cdot 1-8^m \cdot 5$ zeigen die Hauptcondensation noch breiter und die Stelle mit umfassend, wo vorher die zweite war, die dritte Condensation hat sich verengert, und eine vierte tritt bei 7^h am Aequator auf. Die Karte der Sterne $8^m \cdot 6-9^m \cdot 0$ zeigt nur 2 Verdichtungen, die grosse von Adler und Leyer bis zur Cassiopea und eine neue grosse, die von Süden heraufkommend, die frühere dritte und vierte mit umfasst vom Einhorn bis zum Fuhrmann. Die Sterne $9^m \cdot 1-9^m \cdot 5$ zeigen ungefähr dieselbe Vertheilung.

Wenn man mehrere auf einander folgende Karten betrachtet, so kann man die Erstreckung dieser Condensationen in die Tiefe des Raumes mit der Vorstellung verfolgen. Die grosse Verdichtung scheint ihr Centrum in der Entfernung der Sterne $6^m \cdot 0-6^m \cdot 5$ zu haben, und ihre Breite nimmt nach den schwächeren Sternen hin wieder ab. Die zweite Verdichtung ist an Tiefenausdehnung kleiner, sie geht überhaupt nur von den Sternen $6^m \cdot 5$ bis zu denen $8^m \cdot 5$. Die dritte ist die entfernteste und fängt erst bei den Sternen $7^m \cdot 6-8^m .0$ an und verschmilzt sich dann mit der vierten.

So deuten die graphischen Darstellungen Stratonoff's darauf hin, dass das Sternenheer aus mehreren grossen Sternhaufen besteht, deren drei sich am Nordhimmel offenbaren, zwischen ihnen liegen verhältnissmässig leere Stellen. In und ausser diesen sind noch mehrere kleine Haufen angedeutet, von denen er auf pag. 28 in der Anmerkung mehrere aufzählt.

Lineare Maasse im Sternsystem und die mittlere Sterndichte des Raums.

Die genaue Reduction der *BD*-Grössen auf photometrische, welche wir Seeliger haben vornehmen sehen, hat die Folge, dass der mittlere lineare Ab-

stand der Sterne einer beliebigen Grösse angegeben werden kann. Mit Hilfe der photometrischen Constante $log\,\gamma = 0{\cdot}4$ ergeben sich die Abstände von Sternen von derselben absoluten Leuchtkraft, aber verschiedener scheinbarer Helligkeit in Einheiten der Sterne 1^m wie folgt:

Grösse	*log r*	*r*	*r'*	*p*	Millionen Erdbahnradien	Billionen Kilometer	Lichtjahre
1	0·0	1·000	1·000	0''·2000	1·0313	154·184	16·286
2	0·2	1·585	1·549	0·1262	1·6346	244·365	25·811
3	0·4	2·512	2·371	0·0796	2·5906	387·292	40·908
4	0·6	3·981	3·572	0·0502	4·1058	613·817	64·835
5	0·8	6·310	5·269	0·0317	6·5073	972·835	102·757
6	1·0	10·000	7·576	0·0200	10·313	1541·84	162·86
7	1·2	15·845	10·578	0·0126	16·346	2443·65	258·11
8	1·4	25·119	14·317	0·0080	25·906	3872·92	409·08
9	1·6	39·811	18·788	0·0050	41·058	6138·17	648·35
10	1·8	63·096	23·948	0·0032	65·073	9728·35	1027·57
11	2·0	100	29·733	0·0020	103·13	15418·4	1628·6
12	2·2	158·489	36·066	0·0013	163·46	24436·5	2581·1
13	2·4	251·189	42·878	0·0008	259·06	38729·2	4090·8
14	2·6	398·107	50·099	0·0005	410·58	61381·7	6483·5
15	2·8	630·957	57·673	0·0003	650·73	97283·5	10275·7
16	3·0	1000·000	65·548	0·0002	1031·30	154184	16286

Die erste Columne vorstehender Tabelle enthält die photometrische Grösse, auf welche also alle Grössenzahlen vorerst reducirt werden müssen, ehe man mit ihnen in die Tabelle eingeht, die zweite enthält den *log* der Entfernung des Sterns, der aus der strengen Formel $log\,r = (m - 1)\frac{log\,\gamma}{2}$ folgt, die dritte die Radien selbst, in Einheiten der Sterne 1^m. Die Tabelle ist bis zu den Sternen 16^m ausgedehnt, weil selbst die schwächsten HERSCHEL'schen Sterne, wenngleich ihre photometrische Helligkeit nicht bekannt ist, dann jedenfalls in der Tabelle mit eingeschlossen werden. Es ist bei dieser Entfernungsbestimmung keine Rücksicht genommen auf die OLBERS'sche Extinction des Lichtes[1]), sondern es ist mit SEELIGER angenommen worden, dass diese zweifellos vorhandene Extinction doch so schwach sei, dass sie erst bei Lichtquellen ausserhalb des ganzen Fixsternsystems in Wirksamkeit tritt und diese vielleicht ganz auslöscht, sodass keine Kunde von Welten ausserhalb des Milchstrassensystems zu uns gelangt[2]). STRUVE[3]) hatte bekanntlich für die Constante der Extinction den Werth $\xi = 0{\cdot}990651$ angenommen, als den Procentsatz der Lichteinheit, welcher nach Durchlaufen der Entfernungseinheit noch übrig bleibt. Mit dieser Annahme sind, nur um eine Vorstellung von der sich ungeheuer summirenden Wirkung der Extinction zu geben, die Entfernungen *r'* der vierten Columne berechnet, die auch SCHIAPARELLI[4]) hat. Es ist dann die Parallaxe der Sterne 1^m durchschnittlich zu der runden Zahl von 0''·200 angenommen; dies liegt ebenso nahe dem von C. A. F. PETERS ermittelten Werth, wie dem Ergebniss der Unter-

[1]) OLBERS, Ueber die Durchsichtigkeit des Weltraums, Werke I, pag. 133.

[2]) SEELIGER, Betrachtungen über die räumliche Vertheilung der Fixsterne, pag. 8.

[3]) Etudes d'astronomie stellaire, pag. 88.

[4]) Sulla distribuzione apparate, pag. 26.

suchungen GYLDÉN's[1]) und aus diesem runden Werth sind dann die Parallaxen der anderen Grössenklassen abgeleitet. Der Parallaxe von 0″·2 entspricht ein Abstand von 1·0313 Millionen Erdbahnradien und daraus folgen in der 6. Columne die Abstände der Sterne in Halbmessern der Erdbahn. Die astronomische Einheit wird für eine Sonnenparallaxe von 8″·80 zu [2·1746439] = 149·5009 Millionen Kilometern erhalten, und in der Einheit von Billionen Kilometern sind dann in der 7. Columne die Sternabstände in unserem Längenmaass ausgedrückt. Das Licht legt im Jahre [0·97623] = 9·4674 Billionen Kilometer zurück, und so ergeben sich endlich in der 8. Columne die Zeiten, die das Licht durchschnittlich von dem Sterne einer bestimmten Grösse bis zu uns gebraucht.

Man kann sonach mit Hilfe dieser Tabelle an alle Entfernungen im Fixsternsystem einen vergleichenden Maassstab legen. Die Grenzen des Milchstrassensystems, die man durch die schwächsten HERSCHEL'schen Sterne als gegeben ansehen darf, würden je nach den 4 SEELIGER'schen Annahmen sehr verschieden weit gesteckt, aber auf höchstens 650 Millionen Erdbahnradien und 10000 Lichtjahre von der Sonne kommen.

Wie in diesem Raum die Fixsterne vertheilt sind, das können wir nur von dem innersten Zehntel desselben genauer angeben. Es liegt dabei die Frage nahe, in welchem durchschnittlichen linearen Abstand voneinander zwei Sterne im Weltraum stehen; diese Frage wird aber, um von etwaigen Irrungen in den Annahmen über die Abnahme der Sterndichte mit wachsender Entfernung frei zu sein, am besten nur für den Complex der Sterne 1—6^m beantwortet, welche ja sehr nahe gleichförmig vertheilt zu sein scheinen. Man kann dies nicht so machen, dass man sich den Raum aus lauter gleichen Tetraedern zusammengesetzt denkt[2]), in deren Ecken die Sterne ständen, die dann von allen benachbarten gleichweit entfernt wären, da aneinandergelegte Tetraeder einen Raum nicht völlig zu erfüllen im Stande sind, sondern muss mit SEELIGER[3]) die Wahrscheinlichkeitsrechnung anwenden. Werden dann 6000 Sterne bis 6^m vorausgesetzt und die Parallaxe der Sterne 6^m zu 0″·02 angenommen, so ist der durchschnittliche Abstand zweier von diesen 6000 in die Kugel mit dem Radius 10 eingeschlossenen Sternen $= \frac{1}{20{\cdot}35}$ von diesem Radius also etwa 0·5, halb so gross wie der Abstand der Sterne erster Grösse oder mit anderen Worten: durchschnittlich erscheint im Complex der Sterne bis 6^m jedem Stern sein allernächster Nachbar 4 Mal so hell wie ein Normalstern, und dieser Nachbarstern hat die Parallaxe 0″·41. Das sind Zahlen, die bei uns für Sirius ungefähr zutreffen.

Denkt man sich nun die Masse dieser 6000 Sterne gleichmässig über den Raum verbreitet, so erhält man die mittlere Dichte, mit der der Weltraum mit Masse erfüllt ist. Wir haben aber Ursache, die mittlere Masse eines Sternes grösser als die Sonnenmasse anzunehmen einmal, weil die meisten Massenbestimmungen, die wir in Doppelsternsystemen von bekannter Parallaxe aus der Umlaufszeit haben schliessen können, uns grössere Massenwerthe als die Sonne kennen gelehrt und dann, weil die Bestimmungen des Helligkeitsverhältnisses der nächsten Fixsterne zur Sonne gezeigt, dass die Leuchtkraft der Fixsterne durchschnittlich grösser sein muss als die der Sonne. Setzen wir also die

---

[1]) A. N. 3258.

[2]) Wie dies GORE gethan hat (vergl. Knowledge 1893 Jan., Referat in Himmel und Erde 6 Jahrg., pag. 47).

[3]) A. N. 3273.

Masse eines Sternes durchschnittlich zu 10 Sonnenmassen an, so werden 60000 Kugeln von einem Radius von *sin* 15′ 59″·63, wenn wir den Erdhalbmesser als Einheit setzen, in einem Raume von einem Radius von $\frac{206264 \cdot 8}{0 \cdot 02}$ vertheilt. Die mittlere Dichte wird also in Einheiten der Sonnendichte

$$\frac{60000 \cdot sin^3\, 15' \, 59'' \cdot 63 \cdot (0 \cdot 02)^3}{206264^3 \cdot 8} = [6 \cdot 7410 - 30],$$

und da das specifische Gewicht der Sonne [0·1540] = 1·43 ist, würde die Materie mit einer mittleren Dichte von [6·8950 — 30] = $7 \cdot 85 \cdot 10^{-24}$ im Weltraum vertheilt sein. Anschaulicher wird diese unvorstellbar geringe Zahl, wenn man zum Vergleich bemerkt, dass sich dieselbe Dichte ergiebt, wenn man die Masse Wasser eines Würfels von 2^{mm} Seitenlänge auf einen Würfel von 100^{km} Kante vertheilt. Es ist kaum anzunehmen, dass die mittlere Dichtigkeit des Raumes, der die Sterne 6^m einschliesst, so klein ist, und wir werden fast zur Annahme dunkler Weltkörper oder gasiger Massen, die dann freilich schon eine gewisse Extinction bewirken müssten, selbst in diesem innersten Theile des Milchstrassensystems getrieben.

Der Sonnensternhaufen.

Ist nun auch die Sonne das Glied eines Sternhaufens, wie wir deren mehrere auf den Stratonoff'schen Karten das Sternsystem zusammensetzen sahen? Der jüngere Herschel hat zuerst in seinen mehrfach citirten »Results of Observations at the Cape of Good Hope« den Gedanken ausgesprochen, dass auf der südlichen Hemisphäre sich die helleren Sterne um einen Gürtel legen, der nicht mit der Milchstrasse zusammenfällt, und nachdem Gould denselben in einem kleinen Aufsatz[1]) »On the Number and Distribution of the Bright Fixed Stars« wieder aufgenommen, begründet er ihn eingehend in der Uranometria Argentina. Danach ist die Sonne zunächst ein Glied eines kleinen, gar nicht so zahlreiche Mitglieder umfassenden Sternhaufens, der vielleicht etwas über 400 Sterne zählen mag, deren mittlere Helligkeit 3·6 oder 3·7 für uns wäre. Die Sonne steht nicht allzufern seiner Mitte, und der Sternhaufen ist nicht kugelförmig, sondern der Milchstrasse ähnlich abgeplattet. Daher prägt sich für uns auch von ihm ein breiter Ring, der dichter mit Sternen besetzt ist, an der Sphäre aus, und dieser von Gould im Gegensatz zur Milchstrasse »galactic belt« genannte Gürtel durchzieht nicht als ein grösster, sondern als kleiner Kreis den Orion, den grossen Hund, die Taube, das Hintertheil und den Kiel des Schiffes, das Kreuz, den Centauren, den Wolf und den Kopf des Scorpions. Er ist dann weniger ausgeprägt im Ophiuchus und Hercules, doch seine Richtung ist auch an der nördlichen Hemisphäre festgelegt durch die hellen Sterne im Stier, dem Perseus, der Cassiopea, dem Cepheus, dem Schwan und der Leyer. Er bildet mit der Milchstrasse einen Winkel von weniger als 20° und schneidet sie im Kreuz und in der Cassiopea. Sein Pol mag zu etwa $11^h\, 25^m$ in R. A. und + 30° in Deklination angenommen werden, der sphärische Radius etwa zu 93°. Seine Existenz wird ausser durch den Augenschein auch dadurch bewiesen, dass von den 527 Sternen heller als 4. Grösse nur 306 der Milchstrasse näher als 30° Abstand, 330 aber diesem Gürtel näher als 30° liegen. Zählt man nun die Sterne nördlich und südlich, sowohl der Milchstrasse als des Gürtels ab, so ergiebt sich:

1) Von 281 Sternen, die weniger als 30° sowohl von der Milchstrasse wie von dem Gürtel entfernt sind, liegen

[1]) Proceedings of the American Association for the Advancement of Science 1874, pag. 115.

140 nördlich	des Gürtels,	107 nördlich	der Milchstrasse.
141 südlich		174 südlich	

2) Von 355 Sternen, die entweder der Milchstrasse oder dem Gürtel sich auf mehr wie 30° nähern, liegen

179 nördlich	des Gürtels,	146 nördlich	der Milchstrasse.
176 südlich		209 südlich	

3) Von den 330 Sternen, die dem Gürtel näher als 30° kommen, liegen

162 nördlich	des Gürtels,	129 nördlich	der Milchstrasse.
168 südlich		201 südlich	

Es ist also die Milchstrasse keine Symmetrieebene für die Sterne heller als 4. Grösse, die zumeist südlich von ihr liegen, wohl aber theilt der Gürtel in allen 3 Fällen die Zahl der Sterne in nahezu gleiche Theile. Aber dieser Gürtel der helleren Sterne hat auch das mit der Milchstrasse gemein, dass er sich zweitheilt, indem er einen Ast nicht weit von α Centauri abspaltet, der die hellen Sterne des Schützen und des Schwanzes des Scorpions enthält, den Adler und Delphin durchquert und den Hauptzweig in der Andromeda trifft.

Secchi[1]) berichtet, dass wenn man Fomalhaut zum Pole eines grössten Kreises mache, dann die meisten Sterne bis zur 4. Grösse nur unbedeutend von dem Laufe dieses Kreises abweichen und berechnet ihre Abstände von demselben, die nur in wenigen Fällen auf 45° steigen. Der Nordpol dieses Bandes der hellen Sterne käme in $10^h\,45^m + 30°$[2]) zu liegen, also nur in α etwas abweichend von Gould's Werth. Freilich braucht Secchi für die übrigen Sterne heller als 4^m noch ein zweites Lichtband, dessen Pol ungefähr α Cephei ist, und er will mehr beschreiben, während Gould in dem ganzen Complex der hellen Sterne die einheitliche Symmetrieebene sucht.

Hierher gehört auch die Schlussbetrachtung des V. Kapitels: »On the form of the galactic cluster,« mit welcher Peirce seine »Photometric Researches« in Vol. IX der Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College schliesst. Er theilt zunächst parallel der Milchstrasse die ganze Kugel in 7 Zonen, von ca. 26° Höhe, welche er vom Nordpole der Milchstrasse beginnend als Berenicean Pol, Berenicean Apogalactic, Berenicean Perigalactic, Engalactic, Magellanic Perigalactic, Magellanic Apogalactic und Magellanic Pol bezeicnet. Er stellt dann fest, dass die beiden perigalaktischen Zonen an Sternen der ersten 6 Grössenklassen nur minimal ärmer sind, als die engalaktische der Milchstrasse, und dass andrerseits die beiden Polgegenden ebenso reich an Sternen sind, wie die apo galaktischen Zonen. Die helleren Sterne sind also nicht in einem regelmässig mit höheren Breiten dünner besetzten Ellipsoid enthalten. Die Form, welche die Curven gleicher Dichtigkeit in Schnitten senkrecht zur Milchstrasse haben, bestimmt Peirce, indem er die mittleren Sterndichten der in Heis und Behrmann's Atlanten enthaltenen Sterne in einem Würfel von einer der Entfernung der Sterne 1^m entsprechenden Seitenlänge, wie folgt, berechnet:

[1]) Alcune ricerche di astronomia siderale relative specialmente alla distribuzione delle stelle nello spazio, memoria del P. Angelo Secchi. Memoria del Nuovo Osservatorio del Collegio Romano 1856—7. Roma 1857.

[2]) Mit Verbesserung eines Fehlers von 12 Stunden bei Secchi.

	1^m	2^m	3^m	4^m	5^m	6^m
Galaktische Pole . .	0·52	0·23	0·30	0·18	0·39	0·30
Apogalaktische Zonen .	0·34	0·42	0·51	0·34	0·32	0·29
Perigalaktische Zonen .	0·69	0·54	0·39	0·49	0·46	0·37
Milchstrasse	1·21	0·62	0·60	0·49	0·52	0·37
Radienvektoren . . .	1·27	2·80	4·06	5·81	8·15	12·9

Indem er nun die Dichtigkeiten in ein rechtwinkliges Coordinatensystem einträgt, das in einem Schritte senkrecht zur Milchstrasse die Sonne zum Ausgangspunkte hat, kann er die Curven gleicher Sterndichten ziehen, was er mit der Tendenz, möglichst elegante Figuren zu bekommen, thut. Er erhält so eine Schaar kassinischer Ovale, die auf Tafel III der citirten Annalen abgebildet sind. Sie drängen sich in einer dem Abstand der Sterne 2. Grösse entsprechenden Entfernung dicht zusammen und zeigen, dass hier die grösste Verdichtung eines Ringes der helleren Sterne liegt, der die Sonne zunächst concentrisch umgiebt, ohne sich weit über die Breite der Milchstrasse auszudehnen. Die Sonne liegt von der Ebene dieses Ringes aus nach der Seite der Berenice, ebenso wie sie über die Milchstrassenebene nach Norden erhoben ist. Der Umstand, dass die Sonne das Centrum all dieser Ovale bildet, zeigt indes, ein wie starker Zwang mit diesen regelmässigen Figuren der Wirklichkeit angethan ist. Nicht darum hat Copernicus die Erde als Mittelpunkt der Planetenwelt entthront, damit seine Jünger sie in den Mittelpunkt des Weltalls rücken sollten.

Dass die helleren Sterne lange nicht die gleiche starke Condensation zur Milchstrasse hin zeigen, wie die schwächeren, ergeben auch mehrere elementare Untersuchungen mit den Karten von Heis und Houzeau. Auf den Heis'schen Karten bedeckt nach Gore[1]) die Milchstrasse 5340 Quadratgrade oder 25·88 % des ganzen dargestellten Areals, es fallen aber in ihre Fläche nur 1199 oder 30·7 % der dargestellten (dem unbewaffneten Auge sichtbaren) Sterne, also kaum mehr wie eine gleichförmige Vertheilung erwarten liesse. Andrerseits giebt Plassmann das gesammte Areal der Milchstrasse auf 4189 Quadratgrade oder 0·10155 der Kugel an, danach müssten auf den Houzeau'schen Karten von 5719 Sternen 580·76 in der Milchstrasse stehen, Gore[2]) zählt dort 706, also wiederum nur wenig mehr als den Durchschnitt.

Wenn aber wirklich die Sonne zunächst ein Sternhaufen umgiebt, der klein ist im Verhältniss zu dem gesammten Sternenheere, so können sich in der Vertheilung der helleren Sterne gar nicht dieselben Gesetze ausprägen wie für die schwächeren. Kobold benutzt in V. A. G. 34. Jahrgang, pag. 212 ein vollständiges Verzeichniss aller Sterne bis zur photometrischen Grösse 6·0 über den ganzen Himmel, das er sich nach der Harvard Photometry und der Southern Harvard Photometry angelegt, dazu, um dies zahlenmässig klar zu legen. Zunächst sind nach halben Sternklassen und nach den 9 Seeliger'schen Zonen getrennt, folgende Sternzahlen vorhanden:

---

[1]) Observatory 1889, pag. 370.
[2]) Observatory 1890, pag. 149.

Zone	bis 2^m	$2^m{\cdot}5$	$3^m{\cdot}0$	$3^m{\cdot}5$	$4^m{\cdot}0$	$4^m{\cdot}5$	$5^m{\cdot}0$	$5^m{\cdot}5$	Summe	Areal in □ Graden
I	1	1	3	0	1	7	27	29	69	1243·9
II	6	4	5	11	16	26	54	90	212	3581·7
III	2	2	14	18	30	34	91	158	349	5487·5
IV	10	7	15	18	47	94	132	244	567	6731·7
V	23	12	28	42	61	109	268	316	859	7163·8[1])
VI	14	8	15	28	68	93	173	290	689	6731·7
VII	3	3	10	16	27	60	88	169	376	5487·5
VIII	4	0	3	7	28	36	53	104	235	3581·7
IX	1	1	0	4	3	7	23	34	73	1243·9
Summe	64	38	93	144	281	466	909	1434	3429	41253·0

Damit ergiebt sich für die Zahl der Sterne auf 100 Quadratgraden

Zone	bis 2^m	$2^m{\cdot}5$	$3^m{\cdot}0$	$3^m{\cdot}5$	$4^m{\cdot}0$	$4^m{\cdot}5$	$5^m{\cdot}0$	$5^m{\cdot}5$	Summe
I	0·08	0·08	0·24	0·00	0·08	0·56	2·17	2·33	5·55
II	17	11	14	31	0·45	0·73	1·51	2·51	5·92
III	04	04	26	33	0·55	0·62	1·66	2·88	6·36
IV	15	10	22	27	0·70	1·40	1·96	3·63	8·42
V	32	17	39	59	0·85	1·53	3·74	4·41	11·99
VI	21	12	22	42	1·01	1·88	2·57	4·31	10·24
VII	05	05	18	29	0·50	1·09	1·60	3·08	6·85
VIII	11	00	08	20	0·78	1·01	1·48	2·90	6·56
IX	08	08	00	32	0·24	0·56	1·85	2·73	5·87
Mittel	0·16	0·09	0·23	0·35	0·68	1·13	2·20	3·48	8·31

So zeigt sich also wohl ein Anwachsen der Sternzahlen gegen die Milchstrasse, bildet man aber SEELIGER's α, die $\frac{A_m}{A_{m-\frac{1}{2}}}$, so hat man zunächst folgende Tafel der A_m

Zone	2^m	$2^m{\cdot}5$	$3^m{\cdot}0$	$3^m{\cdot}5$	$4^m{\cdot}0$	$4^m{\cdot}5$	$5^m{\cdot}0$	$5^m{\cdot}5$
I	1	2	5	5	6	13	40	69
II	6	10	15	26	42	68	122	212
III	2	4	18	36	66	100	191	349
IV	10	17	32	50	97	191	323	567
V	23	35	63	105	166	275	543	859
VI	14	22	37	65	133	226	399	689
VII	3	6	16	32	59	119	207	376
VIII	4	4	7	14	42	78	131	235
IX	1	2	2	6	9	16	39	73
Summe	64	102	195	339	620	1086	1995	3429

Aus derselben mögen der bequemeren Rechnung wegen nur die numerischen Werthe der α abgeleitet werden

[1]) V. A. G. 34. Jahrg., pag. 213 steht nur die Hälfte dieses Werthes.

Zone	$\alpha_{2\cdot5}$	$\alpha_{3\cdot0}$	$\alpha_{3\cdot5}$	Mittel	$\alpha_{4\cdot0}$	$\alpha_{4\cdot5}$	$\alpha_{5\cdot0}$	$\alpha_{5\cdot5}$	Mittel	Gesammt-mittel
I	2·00	2·50	1·00	1·83	1·20	2·17	3·08	1·72	2·04	1·95
II	1·67	1·50	1·73	1·63	1·62	1·62	1·79	1·74	1·69	1·67
III	2·00	4·50	2·00	2·83	1·83	1·52	1·91	1·83	1·77	2·23
IV	1·70	1·88	1·56	1·71	1·94	1·97	1·69	1·76	1·84	1·79
V	1·52	1·80	1·67	1·66	1·58	1·66	1·97	1·58	1·70	1·68
IV	1·57	1·68	1·76	1·67	2·05	1·70	1·77	1·73	1·81	1·75
VII	2·00	2·67	2·00	2·22	1·84	2·02	1·74	1·82	1·85	2·01
VIII	1·00	1·75	2·00	1·58	3·00	1·86	1·68	1·79	2·08	1·87
IX	2·00	1·00	3·00	2·00	1·50	1·78	2·44	1·87	1·90	1·94
Mittel	1·59	1·91	1·73	1·74	1·83	1·75	1·84	1·70	1·78	1·77

Kobold hat zunächst die $\alpha_{2\cdot5}$ bis $\alpha_{3\cdot5}$ und die $\alpha_{4\cdot0}$ bis $\alpha_{5\cdot5}$ gemittelt, um eine event. Verschiedenheit der allerhellsten Sterne gegen die schwächeren mit unbewaffnetem Auge sichtbaren zu untersuchen. Eine solche ist stellenweise vorhanden, namentlich in Zone III und VIII, doch verschwindet sie in den Mittelzahlen, die für die hellsten Sterne $\alpha = 1{\cdot}74$, für die anderen 1·78 sind. Das allgemeine Mittel ist 1·76, wozu $log\,\alpha = 0{\cdot}248$ gehört; für die schwächeren Klassen der *BD* fand Seeliger im Generalmittel $log\,\alpha = 0{\cdot}258$, also besteht nur ein unwesentlicher Unterschied. Jedenfalls liegt $log\,\alpha$ auch für die Sterne heller als 6^m weit unter dem theoretischen Werth 0·3 und der Schluss, dass die Sternzahlen beträchtlich langsamer mit der Sterngrösse zunehmen, als eine gleichförmige Vertheilung und gleiche Leuchtkraft erfordert, gilt auch für die Sterne der ersten 6 Grössenklassen, wie dies aus Schiaparelli's schon erwähnten Untersuchungen ebenfalls hervorgeht. Betrachtet man aber den Gang der α in den 9 Zonen, so zeigt sich nicht das geringste Anwachsen gegen die Milchstrasse und fassen wir nach Seeliger's Vorgang symmetrische Zonen zusammen, so erhalten wir noch folgendes Täfelchen:

Zone	$\alpha_0 \ldots \alpha_{3\cdot5}$	$\alpha_{4\cdot0} \ldots \alpha_{5\cdot5}$	$\alpha_0 \ldots \alpha_{5\cdot5}$	$\alpha_0 \ldots \alpha_{9\cdot0}$
I u. IX	1·92	1·97	1·95	1·73
II „ VIII	1·61	1·89	1·77	1·75
III „ VII	2·53	1·81	2·12	1·77
IV „ VI	1·69	1·83	1·77	1·82
V	1·66	1·70	1·68	1·88

In den ersten 3 Columnen zeigt sich keineswegs das regelmässige Anwachsen der letzten, die die Ergebnisse Seeliger's für die *BD*-Sterne bis $9^m{\cdot}0$ enthält. Es ist also die Abnahme der hellen Sterne mit der Entfernung keine einfache Function der galaktischen Breite. Die helleren Sterne sind nicht dem gleichen Gesetz unterworfen wie die teleskopischen, dass die Abnahme der Sternzahlen mit wachsender Grösse um so rascher erfolgt, je grösser die galaktische Breite ist. Diese Sonderstellung der helleren Sterne verträgt sich gut mit der Annahme, dass ein wesentlicher Theil von ihnen einem die Sonne einschliessenden Sternhaufen angehört, der in sich nicht dieselben Gesetze der Sternvertheilung befolgt, wie das ganze Sternenheer.

Das gleiche Ergebniss findet Seeliger in seiner Arbeit »Zur Vertheilung der Fixsterne am Himmel«[1]). Zwar die $log\,\alpha_{6\cdot0}$ und $log\,\alpha_{6\cdot5}$, die er aus den Abzählungen der *BD*-Sterne $1-5^m{\cdot}5$, $1-6^m{\cdot}0$, $1-6^m{\cdot}5$ erhält, nachdem die Werthe

[1]) Sitzungsber. der k. bayer. Academie d. Wiss. Bd. XXIX., Heft III.

daraufhin corrigirt sind, dass die *BD*-Grössen $5^m\cdot5$, $6^m\cdot0$, und $6^m\cdot5$ sich nicht um eine genaue halbe Grössenklasse, sondern um Beträge unterscheiden, die nach galaktischen Zonen verschieden sind, wie dies SEELIGER früher (vergl. pag. 79) bestimmt hatte, zeigen einen ganz unregelmässigen Verlauf, aus dem eben nur soviel hervorgeht, dass die dadurch beabsichtigte Reduction auf photometrische Grössen für diese hellen Klassen eben doch nicht genügend herbeigeführt ist, und daher die *BD*-Grössen wegen der geringen Zahl der Sterne überhaupt für feinere Untersuchungen nicht geeignet sind. SEELIGER nimmt also die Harvard-Photometry und zählt hier die Sterne $1^m - 5^m\cdot5$ und $1^m - 6^m\cdot0$ ab. Er erhält so nach Zonen

	$1-5^m\cdot5$	$1-6^m\cdot0$	$\log \alpha_{6\cdot0}$
I	56	109	0·289
II	129	226	0·243
III	181	315	0·240
IV	229	385	0·225
V	314	495	0·198
VI	250	392	0·190
VII	106	183	0·237
VIII	24	44	0·263
Summe	1289	2149	0·222

Die Werthe für $\log \alpha_{6\cdot0}$ dürfen noch nicht als definitive gelten, weil die Harvard Photometry in den Sternen bis $6^m\cdot0$ der photometrischen Skala vielleicht nicht vollzählig ist, da ihr Programm die Sterne der *BD* nur bis zur Grösse $6^m\cdot0$ vollständig bildeten, und die Sterne der $6^m\cdot1$ und $6^m\cdot2$ meist, die schwächeren dagegen nur dann aufgenommen wurden, wenn Gründe bestanden, sie für mindestens $6^m\cdot0$ doch zu halten. SEELIGER berechnet nun, wie viele von den nicht in die Harvard Photometry aufgenommenen Sternen $6^m\cdot1$ und $6^m\cdot2$ der *BD* noch für $6^m\cdot0$ oder heller nach der photometrischen Skala gelten dürfen, und findet dann als Gesammtzahl der Sterne bis $6^m\cdot0$

Zone	$1-6^m\cdot0$	$\log \alpha_{6\cdot0}$	Zone	$1-6^m\cdot0$	$\log \alpha_{6\cdot0}$
I	110	0·293	V	522	0·221
II	237	0·264	VI	409	0·214
III	322	0·250	VII	192	0·258
IV	397	0·239	VIII	46	0·283

Hier ist noch deutlicher als in den vorigen $\log \alpha_{6\cdot0}$ das Gesetz offenbart, dass nicht eine Zunahme gegen die Zone V stattfindet, sondern eine Abnahme. Dem Sternhaufen, der die Sonne zunächst umgiebt, und der eine besondere von der Milchstrasse losgelöste Stellung einnimmt, gehören also die Sterne bis $6^m\cdot0$ (photom.) grösstentheils ebenfalls noch an. Einen weiteren Beweis für die Existenz desselben liefern die Untersuchungen KAPTEYN's über die Vertheilung der Sterne mit E. B. über $0''\cdot04$, die noch ausführlicher zu besprechen sind; da eine starke Eigenbewegung ein sichererer Massstab für die kleine Entfernung eines Sterns ist als grosse Helligkeit und diese starkbewegten Sterne keine Anhäufung in der Ebene der Milchstrasse zeigen, so beweisen auch sie die Sonderstellung eines centralen Sternhaufens.

Vertheilung der verschiedenen Spectraltypen.

Nach den Untersuchungen über die Vertheilung der Sterne überhaupt wenden wir uns zu der von besonderen Klassen von Sternen und beginnen mit den verschiedenen Spectralklassen. Das Hauptmaterial zu allen einschlägigen Betrachtungen

liefert der Draper-Catalogue der Harvard-Sternwarte, der in Band XXVII ihrer Veröffentlichungen ausführlich mitgetheilt, in Band XXVI aber eingehend besprochen ist. Mit einem photographischen Objectiv, das bei 20 *cm* Oeffnung und 115 *cm* Brennweite eine Fläche von 10 Quadratgraden ohne merkbare Distorsion auf einmal abzeichnete, wurden von allen Sternen statt punktförmiger Bilder sofort die Spectren erhalten, indem ein Prisma von 8 Zoll im Quadrat mit dem brechenden Winkel von 13° vor das Objectiv gesetzt wurde. So wurde der ganze Himmel bis — 25° Deklination mit Platten bei einer Expositionszeit von 5^m bedeckt, nur in den Polgegenden wurde diese verlängert. Die erhaltenen Spectra wurden nach Klassen, die mit dem Buchstaben *A* bis *M* bezeichnet waren, mit folgender Bedeutung[1]) abgetheilt.

erster Typus:

A. Die Spectra enthalten nur Wasserstofflinien und die Linie *K* (rein erster Typus).
B. Es treten einzelne andere Linien daneben auf meist in 402·6 und 447·1 μμ.
C. Die Wasserstofflinien *G* und *h* scheinen doppelt zu sein, sonst wie *A*.
D. In Spectren des ersten Typus sind noch breite Banden vorhanden.

zweiter Typus:

E. Nur die Linien *F*, *H* und *K* sind sichtbar.
F. Ausser *F* sind noch andere Wasserstofflinien neben *H* und *K* vorhanden.
G. Es treten noch andere Linien hinzu.
H. Das Spectrum ist heller für die Strahlen, deren Wellenlänge 431 μμ übersteigt.
I. Wie *H*, nur treten noch mehr dunkle Linien auf.
K. Bei wohldefinirten Spectren der Art *H* treten noch dunkle Banden auf.
L. Andere Varietäten des Typus *H*.

M. Dritter Typus. Die Strahlen von grösserer Wellenlänge als 476·2 μμ erscheinen abrupt schwächer als die von kleinerer Wellenlänge.

Die erste Untersuchung über die scheinbare Vertheilung der Sterne nach diesen Spectralklassen am Himmel macht Pickering selbst in Chapter VIII von Vol. XXVI. Er lässt die Klassen *A*, *B*, *F*, *M* für sich bestehen, bildet aus *E* und *G* eine fünfte, aus *H*, *J* und *K* eine sechste Klasse, und lässt die übrigen Klassen ausser Betracht, da sie zu wenig Glieder umfassen. Er theilt dann den Himmel zunächst durch die Parallelkreise + 30°, 0°, — 30° in 4 gleiche Theile, zieht aber innerhalb der Polcalotten noch den Parallel von 61° 2'·7, der ein viertel von der ganzen Calotte um den Pol herum absondert. Die Circumpolarzone wird durch die Stundenkreise 0^h, 8^h, 16^h in 3, die Zone zwischen 30° und 61° 2'·7 durch die Stundenkreise, welche, von 0^h beginnend, 2^h 40^m Abstand zwischen sich lassen, in 9, die äquatorealen Gürtel durch die graden Stundenkreise in 12 gleiche Theile getheilt. Der ganze Himmel hat ihrer 48, von denen aber bis zu dem Parallel von — 30° nur 36 in Frage kommen, davon durchschneidet die Milchstrasse 18 Regionen, während die anderen 18 nicht von ihr berührt werden. Die betr. Abzählungen nach halben Helligkeitsklassen getrennt sind in Tabelle XXXVIII bis XLI gegeben. Werden nun alle Sterne mitgenommen, und die 18 Milchstrassenregionen unter der Bezeichnung *M*, die 18 anderen unter der Bezeichnung *N* zusammengezählt, so findet sich

---

[1]) Annals of Harvard Coll. Vol. XXVII, pag. 3.

Spectraltypus	*A*	*B*	*F*	(*E* + *G*)	(*H* + *J* + *K*)	*M*	übrige	Summe
M	3560	80	650	628	1275	40	18	6251
N	1658	19	430	643	1287	48	9	4094
Summe	5218	99	1080	1271	2562	88	27	10345
M : *N*	2·1	4·2	1·5	1·0	1·0	0·8	2·0	1·5

Werden aber alle Spectra weggelassen, welche unter der $6\frac{1}{2}$. Grösse liegen, weil bei grösserer Lichtschwäche des Spectrums die Klassificirung oft nicht mehr einwandfrei geschehen kann und namentlich die Klassen *A*, *E* und *H* dann alle zweifelhaften Spectren zugewiesen erhalten, so ergiebt sich

Spectraltypus	*A*	*B*	*F*	(*E* + *G*)	(*H* + *J* + *K*)	*M*	übrige	Summe
M	1774	72	308	152	453	32	13	2804
N	855	16	205	84	341	26	3	1530
Summe	2629	88	513	236	794	58	16	4334
M : *N*	2·1	4·5	1·5	1·8	1·3	1·2	4·3	1·8

Das erste Täfelchen zeigt, dass die Sterne der Klassen *A* und *B* in der Milchstrasse ein Uebergewicht von dem 2 resp. 4-fachen gegen die höheren galaktischen Breiten haben, die Classe *F* zeigt noch ein kleines Uebergewicht. Die anderen Spectralklassen indessen sind ohne Rücksicht auf die Milchstrasse angeordnet. Reiht man nun die zahlreichen Spectraltypen Pickering's in die bekannten 3 grossen Vogel'schen Klassen, so würden *A*, *B*, *C* und *D* zur ersten *E* bis *L* zur zweiten und *M* zur dritten Spectralklasse gehören. Die Sonne gehört bekanntlich dem zweiten Spectraltypus an, und damit also einer Gruppe von Sternen, welche sich von dem Milchstrassensystem deutlich absondert. Diese Schlüsse werden allerdings durch das zweite Täfelchen etwas zu Gunsten der Milchstrasse verschoben, wenngleich das Uebergewicht derselben für die zweite Klasse ein geringeres bleibt als für die erste, in der dritten Klasse ist aber auch hier kaum eine Rücksichtnahme auf dieselbe zu finden.

Dieselben Verhältnisse illustrirt graphisch Boraston[1]), indem er gleich die Klassen *A* und *B* zusammenfasst, *E F G* und *H J K* vorläufig getrennt lässt, dann aber zu einer Klasse *E* bis *K* vereinigt; *M* enthält zu wenig Sterne, um graphisch dargestellt zu werden, die nichterwähnten Klassen sind ebenfalls zu wenig zahlreich vertreten. Die Darstellung geschieht einmal für alle Grössen zusammen, dann für die Sterne bis zur $6\frac{1}{2}$., dann bis zur $5\frac{3}{4}$. und endlich bis zur $5\frac{1}{4}$. Grösse. Es zeigen sich dieselben Ergebnisse wie bei Pickering, nämlich deutliche Maxima der Curven für die Klassen *A* und *B* in der Milchstrasse, weniger oder gar nicht ausgesprochene für die anderen 3 Curven. Nur zeigen auf allen 4 graphischen Darstellungen die Sterne des zweiten Spectraltypus ein ausgeprägtes Maximum im Schützen, dessen Deutlichkeit Boraston zu einer schärferen Untersuchung veranlasst. Er sucht 43 der helleren Sterne der Gruppe heraus, deren Eigenbewegungen er den Greenwich-Catalogen, deren Helligkeit er der Harvard Photometry entnimmt 21 von diesen Sternen haben den Positionswinkel ihrer Eigenbewegung im 3. Quadranten liegen, und davon gehören nur 3 sicher, 2 zweifelhaft dem ersten Spectraltypus an. Boraston glaubt also an die Existenz einer Sternschaar vom zweiten Spectraltypus, die hier mit gemeinsamer Bewegung der Sonne entgegensteuert, er glaubt auch einige der im ersten Quadranten

[1]) Astronomy and Astrophysics, Vol. XII, 1893, pag. 57—73.

sich bewegenden Sterne hinzurechnen zu dürfen, indem er ihnen nur so kleine motus peculiares anweist, dass die parallaktische Bewegung sie eben ins Gegentheil verkehrt habe, indessen dürfte letzteres bedenklich sein, da wir gewohnt sind, bei Sternsystemen sehr nahe die gleiche Translationsbewegung bei allen Gliedern des Systems anzunehmen. Auch andere Sternsysteme findet Boraston ausgesprochen, so in Cassiopea und Camelopardalis, dann eine Gruppe von 150 schwachen Sternen zwischen Leier und Hercules. Andererseits zeigt er durch eine Karte der Gegend zwischen $5\frac{1}{2}^h$ und $6\frac{1}{2}^h$ und zwischen + 15° und — 30° Deklination im Einhorn, die von 300 überhaupt spectralanalytisch untersuchten Sternen die 45 den Klassen *H*, *J* und *K* angehörenden darstellt, wie diese Sterne eigenthümliche Configurationen bilden, namentlich ein ganz regelmässiges *S*, das von + 9° bis — 15° Deklination reicht. Weitere Sterngruppen findet er unter den 51 Sternen, von denen Vogel die Geschwindigkeit im Visionsradius bestimmt hat, allerdings lässt er auch hier sehr weite Grenzen für die Radialgeschwindigkeiten zu, sodass man sich des Eindrucks einer gewissen Willkür nicht erwehren kann.

Die Vertheilung der bewegten Sterne.

Kapteyn hat in einer ausführlichen Publication in den Verhandelingen der Koninglijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam unter dem 28. Januar 1893 seine Ansichten über die Vertheilung der Sterne mit Eigenbewegung und von verschiedenem Spectraltypus niedergelegt, die er selbst in der englischen Zeitschrift Knowledge[1]) übersetzt hat. Um von den Annahmen über die Richtung der Sonnenbewegung, deren Zielpunkt er übrigens in $\alpha = 276°$, $\delta + 34°$ ansetzt, frei zu sein, betrachtet er ausser dem Gesammtbetrage der E. B. μ auch die auf der Richtung nach dem Apex senkrechte Componente derselben τ, welche vom motus parallacticus offenbar unabhängig ist. Theilt man dann die E. B. nach ihrer Grösse und zählt die Sterne nach Zonen galaktischer Breite ab, so ergeben sich für die beiden Haupttypen folgende Anzahlen berechnet für eine Fläche von je 1000 Quadratgraden

galaktische Breite	Mittel	0 bis 0″·03		0″·04 bis 0″·05		0″·06 bis 0″·07		0″·08 bis 0″·15		0″·16 u. darüber	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
60° bis 90°	69°	18·6	14·9	9·6	12·7	8·5	14·3	17·0	13·8	6·4	28·7
50 „ 60	55	19·3	18·6	10·6	11·8	7·5	6·2	14·9	26·1	6·2	19·3
40 „ 50	45	24·6	15·8	8·4	9·9	7·9	6·4	15·3	23·7	6·4	22·7
30 „ 40	35	34·3	19·5	15·7	10·0	11·4	8·6	19·5	19·5	3·3	18·1
20 „ 30	25	48·1	27·8	26·2	14·4	8·0	6·9	19·8	20·3	4·8	20·8
10 „ 20	15	76·2	34·6	30·6	12·1	8·7	7·5	16·2	18·5	4·0	21·3
0 „ 10	5	85·8	48·6	27·6	10·8	12·0	6·0	13·2	15·0	7·2	18·6

Diese Tafel gilt für die ganzen Eigenbewegungen μ, aber die aus ihr sofort zu folgernden Schlüsse werden nicht geändert, wenn man nur den Theil τ der E. B., der senkrecht auf der Richtung nach dem Apex steht, in Betracht zieht, für den Kapteyn gleichfalls die Abzählungen mittheilt. Die gezogenen Folgerungen aber lauten:

Nur die schwach bewegten Sterne beider Typen[2]) ($\mu < 0''\cdot03$) zeigen eine Condensation nach der Milchstrasse. Die stärker bewegten ($\mu = 0''\cdot04$ bis $0''\cdot05$)

[1]) Knowledge, Vol. XVI, pag. 114—118, nebst Druckfehlerberichtigung, pag. 133.

[2]) Dies widerlegt die Annahme Pickering's in Vol. XXVI der Harvard Annals, welche pag. 103 referirt wurde.

des ersten Typus zeigen dieselbe ebenfalls noch, wenngleich in viel schwächerem Maasse, die des zweiten Typus aber nicht mehr. Die noch stärker bewegten Sterne ($\mu > 0''\cdot06$) zeigen keine Zunahme gegen die Milchstrasse, ja stellenweise ist eine gewisse Abnahme bei dem II. Typus nicht zu verkennen. Mit der bekannten Thatsache zusammen, dass die scheinbaren Bewegungen der Sterne um so grösser sind, je näher ein Stern ist, beweist dies wiederum die Existenz einer gesonderten Gruppe von Sternen in nächster Umgebung der Sonne, der Sterne beider Typen angehören, doch mit Ueberwiegen des zweiten Typus, wie denn ja auch die Sonne diesen repräsentirt. In grösserer Entfernung (bei den kleinsten E. B.) aber sind die Sterne des ersten Typus ganz bedeutend zahlreicher vertreten. Da die Sterne, deren Spectraltypus bekannt ist, nur den helleren Klassen bis kaum unter die 6. Grösse angehören, so untersucht KAPTEYN ohne Rücksicht auf Spectraltypus die Vertheilung der Grösse der E. B. bei den Sternen bis zur 9^m, indem er aus den von Boss[1]) mitgetheilten E. B. die wahrscheinliche Zahl aller existirenden berechnet. Er findet dann, wenn er die E. B trennt in die mittelgrossen von $0''\cdot10$ bis $0''\cdot20$ jährlich, und die grossen von über $0''\cdot20$, dass

in der galaktischen Breite von	sich finden Sterne mit E. B. (nach Boss)		und der Wahrscheinlichkeit nach überhaupt vorhanden sind Sterne mit E. B.	
	$0''\cdot10 - 0''\cdot20$	$> 0''\cdot20$	$0''\cdot10 - 0''\cdot20$	$> 0''\cdot20$
55° bis 65°	46	39	76	65
39 „ 55	45	32	71	50
20 „ 39	41	29	73	53
0 „ 20	35	15	72	31

Die für die mittleren E. B. schwach, für die grösseren stark ausgeprägte Abnahme nach der Milchstrasse zu verschwindet für die mittleren E. B., wenn man die wahrscheinlichen Zahlen der dritten Columne betrachtet, bleibt aber für die starken E. B. auch für die wahrscheinlichen Zahlen bestehen. Die Erscheinung könnte reell sein, wäre dann aber schwer zu deuten, da wohl eine Unabhängigkeit der Anordnung der Sterne von einer bestimmten Hauptebene, vorstellbar ist, nicht aber ein Grund angebbar scheint, warum gerade in dieser Hauptebene die E. B. kleiner, resp. die grossen E. B. weniger zahlreich sein sollten, als zu deren beiden Seiten. Die Erscheinung kann aber auch nur scheinbar sein, und verschwindet, wenn man nur annimmt, dass die Sterngrössen in der Milchstrasse 0·2 Grössenklassen systematisch zu hell geschätzt sind, da dann die E. B. in eine zu kleine Entfernung versetzt werden, also kleiner erscheinen als sie sind. Bestehen bleibt dann nur die Thatsache von der Unabhängigkeit der Vertheilung der stärker bewegten Sterne von der Milchstrasse.

Die Ansicht STRUVE's, dass gleichhelle Sterne in allen Richtungen gleichweit entfernt seien, die SEELIGER's Untersuchungen schon widerlegt, lässt sich auch in folgender Weise beseitigen. Die Grösse der Sonnenbewegung, rechtwinklig betrachtet, erscheint durchschnittlich

336 Sternen des I. Typus in $>40°$ galaktischer Breite unter dem Winkel von $0''\cdot0355$
405 „ „ I. „ „ $<30°$ „ „ „ „ „ „ 0 ·0250
449 „ „ II. „ „ $>40°$ „ „ „ „ „ „ 0 ·0583
285 „ „ II. „ „ $<30°$ „ „ „ „ „ „ 0 ·0451.

Da die durchschnittliche Helligkeit der benutzten Sterne die gleiche ist, so ist hieraus klar, dass in höheren Breiten die Sterne beider Typen uns durch-

[1]) Astronomical Journal, No. 200.

schnittlich näher stehen, als in der Milchstrasse, dass also eine Tendenz bei der Weltbildung vorlag, in der Hauptebene grössere Kugeln zu formen, und dass andererseits wieder gleichhelle Sterne des zweiten Typus uns näher sind, als die des ersten.

Die Verhältnisse der beiden Sterntypen zu einander aber werden gut illustrirt durch eine Abzählung der Sterne gleich grosser E. B. nach beiden Typen. Bezeichnet Q das Verhältniss der Zahl der Sterne des zweiten Typus zum ersten, so wird folgende Tafel klar die Auskunft ergeben

100 μ	Mittel	Anzahl der Sterne des I. Typus	II. Typus	Q
0″— 3″	1″·5	553	324	0·59
4 — 5	4·5	233	150	0·64
6 — 7	6·5	118	104	0·88
8 — 9	8·5	85	90	1·06
10 — 15	12	130	162	1·25
16 — 19	17	29	61	2·1
20 — 29	24	25	86	3·4
30 — 49	37	13	71	5·5
> 50	102	3	58	19·3
		Summe 1189	1106	0·93

Wenn wir die zunehmende Grösse der E. B. als ein sicheres Zeichen der immer kleineren Entfernung der Sterne betrachten, so ist der regelmässige Verlauf der Q höchst instruktiv. Er zeigt uns, dass in grösseren Entfernungen (d. h. überhaupt nicht sehr grossen, da es sich um lauter bewegte Sterne handelt) die Sterne des ersten Typus noch doppelt so zahlreich sind, als die des zweiten. Für eine Entfernung, der eine E. B. von 0″·08 entspricht, haben beide Typen gleichviel Vertreter, in grösserer Nähe überwiegt der zweite Typus und zwar zuletzt kolossal. Ergiebt sich daraus mehr als die Nothwendigkeit, die Umgegend der Sonne stärker mit Sternen des II. Typus besetzt zu denken, ergiebt sich vielleicht der Schluss eines rein aus Sternen des II. Typus bestehenden Sternhaufens um die Sonne? Letzteres verneint Kapteyn. An und für sich sind wir gewohnt die verschiedenen Spectraltypen als Entwickelungsstationen eines und desselben Individuums zu betrachten, die jeder Stern von seiner Geburt bis zum Tode durchlaufen muss, andererseits zeigt aber z. B. die Gruppe der Hyaden, in welcher alle Sterne gleiche und gleichgerichtete E. B. haben, und die daher unzweifelhaft ein physisches System bilden, Sterne beider Typen durcheinander, wobei es noch besonders merkwürdig ist, dass die hellsten Sterne gerade dem zweiten Typus angehören. Da auch ausgeprägte Sternhaufen wie z. B. die Präsepe Sterne beider Spectraltypen durcheinander beherbergen, so werden wir bloss schliessen, dass von dem Sonnensternhaufen nur bedeutend mehr Glieder dem zweiten als dem ersten Typus angehören.

Auch die Frage nach der Vertheilung der bewegten Sterne lässt sich lösen. Betrachtet man die Entfernungen der Sterne einfach umgekehrt proportional der Grösse der E. B., so lassen sich die Räume berechnen, welche die Sterne mit einer bestimmten Grösse der E. B. enthalten, und aus der Zahl der Sterne ihre Dichtigkeit entnehmen. Die folgende Tafel ist so angelegt, dass das die Sterne mit E. B. > 1″ enthaltende Volumen = 1 gesetzt ist, und andererseits die Zahl der Sterne mit E. B. zwischen 0″155 und 0″·195 = 1·0 gesetzt wurde, dann findet sich:

100 μ	Raum	Anzahl der Sterne in der Raumeinheit I. Typus bis $5^m{\cdot}0$	I. Typus bis $6^m{\cdot}5$	I. Typus bis $9^m{\cdot}0$	II. Typus bis $6^m{\cdot}5$
9''·5 — 15''·5	898·5	—	0·7	0·4	0·4
15 ·5 — 19 ·5	133·6	1·0	1·0	1·0	1·0
19 ·5 — 29 ·5	85·9	2·0	1·3	1·2	2·2
29 ·5 — 39 ·5	32·8				3·3
39 ·5 — 49 ·5	7·9	1·9 (29·5 — >99·5)	1·5 (29·5 — >99·5)	1·1 (29·5 — >99·5)	5·8
49 ·5 — 99 ·5	7·3				11·9
>99 ·5	1·0				39·2
	Zahl der Sterne	46	200	(282)	438

Während also die Sterne des I. Typus ziemlich gleichmässig durch den Raum vertheilt sind, um so gleichmässiger, je weiter wir die schwachen Sterne berücksichtigen, sind die Sterne des zweiten Typus stark gegen die Sonne zusammengedrängt. **Es ist also nicht eine Sterngruppe,** die wir eine Sonderstellung im Gesammtsternenheere schon mehrfach haben einnehmen sehen, **welcher auch die Sonne zugehört, sondern ein regulärer Sternhaufen mit ausgeprägter centraler Verdichtung,** um den es sich handelt. **Und die Sonne steht im dichtesten Theile desselben.** Bildet sie etwa das Centrum selbst?

Das lässt sich nur so untersuchen, dass die Sphäre in verschiedene Abschnitte zerlegt wird, und der Abschnitt herausgesucht wird, der das stärkste Ueberwiegen des zweiten Typus, resp. die grösste Gesammtzahl der Sterne bis $6^m{\cdot}5$ zeigt. Denn wenn die Sonne selbst das Centrum bildete, würden alle Theile der Sphäre, soweit sie gleichweitentfernte Sterne tragen, auch gleiche Verhältnisse offenbaren. Kapteyn untersucht die nachstehend bezeichneten Trapeze, für welche Q das Verhältniss der Sterne des zweiten zu denen des ersten Typus, n aber die Sternzahl pro 1000 Quadratgrade bedeutet.

Grenzen in δ	Grenzen in α	Q	n
	$23^h\ 6^m$ bis $2^h\ 53^m$	1·88	48·9
	2 53 „ 6 12	0·82	46·1
	6 12 „ 9 46	0·89	43·7
— 30° bis + 20°	9 46 „ 14 18	0·80	41·0
	14 18 „ 16 54	0·71	39·0
	16 54 „ 20 6	1·12	40·6
	20 6 „ 23 6	0·93	39·3
	22 42 „ 3 29	1·43	57·7
	3 29 „ 8 15	0·90	31·7
+ 20° bis + 60°	8 15 „ 13 25	0·64	42·7
	13 25 „ 17 59	0·71	55·8
	17 59 „ 22 42	1·07	48·4
+ 60° bis + 90°	0 0 „ 24 0	1·64	47·5

Die Werthe von Q und n sind also recht wenig verschieden und schwanken innerhalb sehr enger Grenzen, sodass die Sonne von dem Centrum ihres Sternhaufens nur sehr wenig entfernt sein kann, die grössten Werthe von Q und von n finden sich in der Nähe von 0^h, eine Ausgleichsrechnung unter dem Gesichtspunkte, dass von dem gesuchten Mittelpunkte gleiche Q und gleiche n auch den-

selben sphärischen Abstand haben sollen, liefert KAPTEYN für die Coordinaten desselben

aus den Q die Werthe $A = 0^h{\cdot}9$ $D = +21°$
„ „ n „ „ $A = 23^h{\cdot}3$ $D = +62°$
also im Mittel „ „ $A = 0^h{\cdot}0$ $D = +42°$.

Die galaktische Breite dieses Punktes ist — 20°.

Die Bestimmung der Richtung nach dem Schwerpunkt des Sternhaufens aus so grossen Flächen kann natürlich nicht übermässig genau werden. Immerhin stimmt der Werth genügend mit dem von RISTENPART (Veröff. der Sternwarte Karlsruhe, Heft IV, pag. 265) abgeleiteten Schwerpunkt freilich desg anzen Sternsystems der $BDA = 20\frac{1}{3}^h$, $D = +40°$ (Entfernung desselben gleich den Sternen $5^m{\cdot}9$), wenn man erwägt, dass letzterem damals die Bedingung aufgezwungen wurde, in der Ebene der Milchstrasse zu liegen. Die KAPTEYN'sche Annahme, welche das Centrum des Sonnensternhaufens in die Cassiopea verlegen würde, stimmt nach ihm auch mit der Thatsache, dass die Milchstrasse in ihren südlichen Parthieen glänzender ist, denn wir würden ja dann denselben näher stehen, wenn wir vom Schwerpunkt nach Süden, dieser von uns nach Norden liegt. Andererseits bedeutet die südliche galaktische Breite des Schwerpunkts von der Sonne aus gesehen, eine reelle Erhebung der Sonne nach Norden über die Milchstrassenebene, woraus die oben mehrfach hervorgehobene Erscheinung der Milchstrasse als eines kleinen Kreises mit über 90° Nordpoldistanz folgt. Allerdings sind solche Schlüsse von dem Sonnensternhaufen, für den wir eine gesonderte Stellung beanspruchen, auf die Erscheinungen der ganzen Milchstrasse nur sehr bedingt zulässig.

KAPTEYN zeigt noch, dass gleich grosse E. B. bei beiden Spectraltypen auf gleiche Entfernung hinweist, unter anderm, indem er die Sterne mit bekannter Parallaxe nach beiden Sterntypen trennt. Es haben nämlich im Mittel

7 Sterne des I. Typus die Grösse 2·8 die E. B. 1″·60, die Parallaxe 0″·159
19 „ „ II. „ „ „ 3·9 „ „ 1·64 „ „ 0·137,

sodass kein Unterschied der Parallaxen für diese gleichstark bewegten Sterne verbürgt erscheint. Dagegen entsprechen gleichen Grössen bei den Sternen des zweiten Typus bedeutend grössere E. B. Leitet man aus den Sternen einer bestimmten Grössenklasse die Grösse der Sonnenbewegung ab und trennt nach Spectraltypen, so findet sich:

Grösse	Typus I	Typus II	II : I
2·3	0″·105	0″·312	3·0
3·3	064	145	2·3
4·3	034	100	2·9
5·3	031	092	3·0
6·3	027	067	2·5
		Mittel	2·7

Die Sterne des II. Typus sehen also bei gleicher Helligkeit die Sonnenbewegung etwa 2·7 mal so gross als die des ersten, sind also 2·7 mal näher. Die Leuchtkraft der Sterne des ersten Typus ist demnach durchschnittlich $(2{\cdot}7)^2$ mal oder 7·3 mal so gross als die der Sterne des zweiten Typus. Da $\log 7{\cdot}3 = 0{\cdot}863$ ist, so ist von 2 gleichweit entfernten Sternen beider Typen, der des zweiten durchschnittlich 2·1 bis 2·2 Grössenklassen schwächer als der des ersten.

Diesem Umstande, dass ein Stern vom ersten Typus (ein Siriusstern) durchschnittlich 7 mal so hell leuchtet, als ein solcher des zweiten Typus (ein Sonnen-

stern), schreibt MONCK[1]) es zu, dass in der Milchstrasse die Siriussterne so ausserordentlich überwiegen[2]). Ein Fernrohr, welches z. B. bis zur 12. Sterngrösse in den Raum vordringt, sieht in grossen galaktischen Breiten, wo es die Grenze des Sternsystems erreicht, unter den Sternen 12. Grösse keinen Siriusstern mehr, da die entferntesten derselben um 2 Grössenklassen heller sind, also 10. Grösse erscheinen, unter den schwächsten Sternen in hohen Breiten werden also die Sonnensterne überwiegen. In der Milchstrasse aber werden neben den Sonnensternen 12. Grösse auch jene Siriussterne als 12. Grösse erscheinen, welche in Wahrheit in der Entfernung der Sonnensterne 14. Grösse stehen, also an Zahl bei gleicher Vertheilung die Sonnensterne um das 15-fache übertreffen. Daher also, dass das Fernrohr die Sonnensterne, die in gleicher Entfernung wie die schwächsten Siriussterne stehen, überhaupt nicht mehr sieht, rührt der ungeheure Reichthum der Milchstrasse an Sternen des I. Typus, daher auch das rein weisse Licht, welches uns der Anblick der Milchstrasse bietet. MONCK hat in verschiedenen Aufsätzen in Astronomy und Astrophysics und auch in Knowledge, Juni 1893, über die Beziehungen zwischen Sterntypus und E. B. Untersuchungen mitgetheilt, er neigt stellenweise dazu, bei den Siriussternen wirklich grössere motus peculiares zu vermuthen, widerlegt dies aber selbst, indem er die 51 Sterne, von denen VOGEL die Geschwindigkeiten in der Gesichtslinie bestimmt hat, nach Typen sondert[3]); für 27 Sterne des ersten Typus ist die mittlere Radialgeschwindigkeit 10·8, für 20 des zweiten Typus 10·9 ^{km} also völlig gleich. Und trotz des kleinen Materials überzeugen diese Translationsgeschwindigkeiten, welche nicht so wie die seitlichen mittels der unbekannten Entfernung auf lineares Maass reducirt werden müssen, uns davon, dass das Alter der Oberfläche eines Sterns, das durch seinen Spectraltypus repräsentirt wird, auf seine räumliche Bewegung ohne Einfluss ist. Es ist aber hier nicht der Ort, näher auf die MONCK'schen Arbeiten einzugehen, da er nicht so allgemeine Schlüsse über Sternvertheilung wie KAPTEYN daraus gezogen hat und diese allein hier interessirt.

Auch die Vertheilung der Sterne nach Spectralklassen führt STRATONOFF's Atlas in Tafel 10 und 11 dem Auge vor, nachdem er im Appendix III seiner Etudes die Abzählungen der Typen nach seinen Trapezen gegeben, deren Numerirung leider völlig unübersichtlich ist. Die 10. Karte zeigt, dass die Sterne des ersten Typus sich zwar wie bekannt der Milchstrasse entlang anordnen, dass aber verschiedene Verdichtungen auftreten, eine in Schwan und Leier, dann eine zweite stärkste um den Weltpol, also 20° nördlich der Milchstrasse (siehe aber unten), die sich dann zur Cassiopea nach Süden zieht, und von da weiter zum Perseus bis hin zu den Pleiaden; eine letzte Verdichtung am Nordhimmel liegt dann bei 6^h und geht in der Oriongegend über den Aequator herunter. STRATONOFF's 11. Karte, welche die zweite Spectralklasse berücksichtigt, zeigt sofort, dass die Milchstrasse hier gar nichts mit diesen Sternen zu thun hat. Es ist vielmehr in grossen Zügen eine Anordnung vorhanden, die in den Weltpol das Maximum dieser Sterne legt, deren Zahl mit der Deklination abnimmt. Dies kann natürlich kaum der Wirklichkeit entsprechen, und rührt daher, dass

---

[1]) Astronomy and Astrophysics, Vol. XI, 1892, pag. 89.

[2]) Nur im SOBIESKI'schen Schilde überwiegen die Sonnensterne bedeutend, gerade an der Stelle, wo der Ring der hellen Sterne eine Verdoppelung zeigt, die vielleicht nicht physisch ist, sondern nur durch die grosse Nähe dieses Ringes bei der Sonne vorgetäuscht wird.

[3]) Astronomy and Astrophysics, Vol. XI, 1892, pag. 200.

PICKERING in der Nähe des Poles 10—15^m lang exponirte, in niedrigeren Deklinationen aber nur 5^m lang. Er erhielt also in der Nähe des Pols die Spectra von viel schwächeren Sternen mit, also viel mehr Spectra als in kleineren Deklinationen. Es ist daher eigentlich unzulässig, die Vertheilung der Gesammtzahl aller Spectren des Draper-Catalogues zu betrachten (also auch nicht für die erste Spectralklasse), sondern man muss wie BORASTON nach den Helligkeiten sondern. Das Vorhandensein dieses systematischen Fehlers wird offenbar, wenn man die Vertheilung der Sterne in den 4 PICKERING'schen Zonen betrachtet und die Zahl der Spectra in der Polarzone dabei gleich 10 setzt, dann sind vorhanden:

δ	bis zur Grösse $5\frac{1}{4}$	bis zur Grösse $5\frac{3}{4}$	bis zur Grösse $6\frac{1}{4}$	überhaupt
+ 60° bis 90°	10	10	10	10
+ 30 „ 60	13	15	11	5
0 „ 30	13	15	11	3
— 30 „ 0	17	20	11	3

Für die Sterne bis $5\frac{1}{4}$. und $5\frac{3}{4}$. Grösse sehen wir also ein Zunehmen gegen den Aequator, für die Sterne bis $6\frac{1}{4}$. Grösse sind überall gleich viel Spectren vorhanden, und nur die Gesammtheit zeigt die starke Zunahme gegen den Pol, ein deutlicher Beweis, dass die durch längere Expositionen am Pol hinzugewonnenen ganz schwachen Spectra das Uebergewicht dort veranlassen, welches eine scheinbare kolossale Anhäufung der II. (und der I.) Spectralklasse um den Weltpol erzeugt. Sehen wir davon ab, so offenbart die STRATONOFF'sche Karte reelle Anhäufungen der Sterne des II. Typus bei $18^h + 45°$ zwischen Leier und Herkules, bei $9^h + 45°$, bei $\varkappa$ und ι des grossen Bären gegen den Krebs hin; gleich einer Insel ragen ferner die Hyaden, wie oben besprochen, überwiegend als Vertreter des II. Typus aus leerer Umgebung auf. Eine weitere Verdichtung zeigt die Cassiopea.

Ueber die Vertheilung der rothen Sterne nach dem Cataloge von Birmingham[1]), wenigstens der nördlichen, berichtet DOBERCK kurz in A. N. 2234. Nach ihm stehen von 7 rothen Sternen 4 in oder dicht bei der Milchstrasse, doch sind einzelne Gegenden ausserhalb derselben reicher an rothen Sternen, so die nördliche Krone, der Pegasus und der nördliche Theil der Jungfrau. An andern Stellen fehlen die rothen Sterne ganz, besonders da, wo überhaupt die hellen Sterne selten sind. Da die rothen Sterne schwächer leuchten als die ungefärbten Sterne der gleichen Grösse, so kennen wir wohl überhaupt erst die uns nächsten derselben.

Eine besondere Lage nehmen die WOLF-RAYET'schen Sterne ein, genannt nach ihren Entdeckern, die 1867 die 3 ersten im Schwan fanden. Sie sind von den übrigen Spectraltypen verschieden durch das Auftreten von hellen Banden, stellenweise haben sie auch helle Banden und Linien über einem continuirlichen Spectrum. CAMPBELL bespricht in einer Monographie in Astronomy and Astrophysics Vol. XIII 1894, pag. 448 ff. die bis dahin entdeckten 55 Sterne dieses Typus und giebt ausser ihren äquatorealen, auch ihre galaktischen Coordinaten an. Die galaktische Breite ist bei allen ausserordentlich klein und bleibt unter 9°, mit Ausnahme eines einzigen der $17\frac{2}{3}°$ hat. Eine graphische Darstellung der 54 übrigen auf pag. 450 zeigt aber ausserdem, dass die Sterne die Tendenz haben, sich in der Milchstrasse zu Gruppen zusammenzudrängen; die grösste liegt in der Länge 255° unweit η Argus, der aber nicht hinzugehört, die zweit-

[1]) Transactions of the Royal Irish Academy Vol. XXVI, 1877.

grösste in 45° im Schwan, andrerseits sind die galaktischen Längen von 106° bis 202° und von 347° bis 32° ganz frei von solchen Sternen, ob in Wirklichkeit oder nur mangels ihrer vollständigen Kenntniss, muss die Zukunft lehren.

Dass die neuen Sterne alle unfern der Milchstrasse liegen, ist eine sehr bekannte Thatsache. Sie ist ausführlich kritisch behandelt von SEELIGER[1]), der zunächst die 15 bis 1898 erschienenen Novae nach ihren Coordinaten und der galaktischen Breite aufführt. Hinzuzufügen wäre wohl die Nova Sagittae vom 26., 27., 29. Juli 1783, welche von d'AGELET als No. 5057—59 seines Catalogs beobachtet ist mit einer galaktischen Breite von + 0°·6. Ferner kommt hinzu die Nova Persei 1901, aus deren

$$\alpha = 3^h\ 24^m\ 28^s \cdot 1$$
$$\delta = +\ 43°\ 33' \cdot 9$$

mit dem von SEELIGER sonst verwandten HOUZEAU'schen Pole die Breite — 10°·7 folgt. Mit diesen beiden wird die mittlere Breite aller 17 Sterne 11°·5. SEELIGER zeigt nun erstens, dass, wenn die neuen Sterne aus ganz beliebigen Gründen irgendwo auftreten, dass dann nach seinen Untersuchungen über die Vertheilung der Sterne im Raume, 62·75 % aller dieser Vorgänge sich in der galaktischen Zone V abspielen müssen, wenn die schwächsten HERSCHEL'schen Sterne die Grösse 13·5 haben, aber 55·67 %, wenn diesen Sternen die Grösse 14·5 zukommt. Die mittlere galaktische Breite der neuen Sterne würde sich dann aus einer sehr grossen Zahl derselben unter der ersten Annahme zu 13°·9, unter der zweiten zu 15°·6 ergeben. Sind aber die neuen Sterne das Ergebniss irgend eines Zusammenstosses, also einer Bewegungserscheinung, so ist die Häufigkeit ihres Auftretens nicht von der ersten, sondern etwa der zweiten Potenz der Sterndichte abhängig, und es ergiebt sich unter der Annahme ganz zufälliger Vertheilung und Bewegungsrichtung gleich grosser Weltkörper, dass der Wahrscheinlichkeit nach in die galaktische Zone V 75 % resp. 69·4 % all dieser Zusammenstösse fallen müssten und die mittlere galaktische Breite der Orte dieser Collisionen würde resp. 10·2° und 11·4° sein. Wenn nun aber das Phänomen der neuen Sterne, wie es wohl wahrscheinlich ist, erzeugt wird durch das Eindringen dunkler oder schwachleuchtender Körper in grosse kosmische Staub- oder Gaswolken, so wäre einerseits die absolute Wahrscheinlichkeit für das Entstehen neuer Sterne erhöht, andrerseits würde für die Milchstrasse, in deren Windungen wir doch mannigfach noch ausgedehnte Gasmassen vermuthen, die relative Wahrscheinlichkeit noch höher und die mittlere galaktische Breite noch kleiner. Immerhin sind aber auch die Zahlen der zweiten Hypothese schon nahe genug den beobachteten Werthen.

Die Vertheilung der Nebelflecke und Sternhaufen.

Die Untersuchung der Vertheilung der Nebelflecke leidet in noch höherem Grade, als die der Spectralklassen an der Ungleichförmigkeit der Bekanntschaft mit dem Material. Am nördlichen Himmel ist es mehr Sache des Zufalls, welche Gegenden eingehender und welche oberflächlicher nach Nebeln durchforscht sind, am Südhimmel aber sind namentlich die höheren südlichen Breiten noch keiner ausgedehnten systematischen Aufsuchung von Nebelflecken unterworfen worden. Es ist ausserdem sehr schwierig, wenngleich nicht unmöglich, die Nebelflecken nach Grössenklassen abzusondern, jedenfalls ist es noch nicht oder noch nicht genügend geschehen. Dennoch ist es eigentlich nicht zu um-

[1]) Bemerkungen über die neuen Sterne A. N. 3598.

gehen, die Vertheilung der so verschiedenartigen Objecte, die in diese grosse Klasse gehören, nach Unterabtheilungen getrennt zu untersuchen, und da ist bei der Eintheilung nicht jede Willkür zu vermeiden. Das Grundgesetz, dass die Nebelflecke im Gegensatz zu den Sternen nicht nach der Milchstrasse hin zunehmen, sondern dorthin sogar ungewöhnlich stark abnehmen, war schon dem ersten systematischen Beobachter dieser Gruppe von Wesen des Weltalls, dem älteren HERSCHEL, nicht unbekannt geblieben. Sein Sohn benutzte die Vervollständigung der Nebelliste, welche seine Capreise gezeitigt, um die Frage eingehender zu untersuchen. Auf pag. 133 der »Results of Astronomical Observations made during the years 1834, 5, 6, 7, 8 at the Cape of good Hope, By Sir John F. W. HERSCHEL, London 1847« sind die Nebel zunächst des nördlichen Catalogs nach Rectascensionsstunden abgezählt, wobei das Ueberwiegen der Stunden 1^h und besonders 13^h in die Augen fällt. Die Vertheilung der Nebel über den ganzen Himmel zeigt die Plate XI am Ende des Werkes, wo die Kugel abgebildet ist auf zwei Kreise und in die durch die Stundenkreise der ganzen Stunden und die je 15° entfernten Parallelkreise entstehenden Trapeze die Gesammtzahl der Nebel eingeschrieben ist. HERSCHEL constatirt 2 Hauptregionen der Nebelflecke, erstlich die des Nordpoles der Milchstrasse in den Sternbildern des grossen und kleinen Löwen, der Jagdhunde, des Haares der Berenice und der Jungfrau nebst den angrenzenden Parthieen der diese einschliessenden Sternbilder; doch sind in dieser mehrere Hauptnebelcentren oder Nebelnester alle in 13^h und in $-3°$ bis $+10°$, in $+12°$ bis $+18°$ und in $+28°$ bis $+31°$ vorhanden. Die zweite Region um den Südpol der Milchstrasse ist weniger reich. HERSCHEL beschreibt sie nur bis zum Aequator, wo sie die Andromeda, den Pegasus und namentlich die Fische ausfüllt. Zwischen dieser Region der Fische und der andern der Jungfrau ist eine fast völlig leere Stelle. Und nur noch an zwei andern Punkten treten die Nebel gehäuft auf, in der grossen und kleinen Capwolke (auch Magellanische Wolken genannt). Diese beiden Wolken liegen wie losgelöste Stücke der Milchstrasse freilich in ziemlicher Entfernung von dieser, die kleinere in $0^h\,28^m$ bis $1^h\,15^m$ und $-72°$ bis $-75°$, die grössere in $4^h\,40^m$ bis $6^h\,0^m$ und $-66°$ bis $-72°$. Beide sind sehr reich an Nebeln, die grosse sogar reicher als die Regio Virginis. Im Gegensatz zu den Nebelflecken stehen die Sternhaufen fast ausschliesslich in geringen galaktischen Breiten.

J. HERSCHEL hatte für diese Untersuchungen 3812 Objecte zur Verfügung, die ihm der $18\frac{1}{2}$zöllige Reflector zu Slough und Feldhausen gezeigt; als er dann aber 1864 seinen »General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars« mit 5079 Nummern herausgegeben hatte, veranlasste dies CLEVELAND ABBE[1]) die Vertheilung dieser grösseren Schaar von Objecten mit entsprechenden Unterabtheilungen zu untersuchen und zwar eingetheilt in 1) Sternhaufen, 2) globulare, d. h. kreisförmig begrenzte Haufen, 3) jene globularen Sternhaufen, welche HERSCHEL mit *r*, *rr* oder *rrr* bezeichnet hat, um den verschiedenen Grad ihrer Auflösbarkeit anzuzeigen, 4) auflösbare Nebel, 5) die unauflöslichen Nebel, von welchen er zum Schluss noch eine 6. Klasse, die planetarischen Nebel absondert. Eine ausführliche Tafel, mit Argumenten, die von 10° zu 10° in Poldistanz und 30^m zu 30^m in Rectascension fortschreiten und in welche die Contouren der 10° breit angenommenen Milchstrasse, sowie der beiden Wolken eingetragen sind, enthält die Zahlen der Glieder der 5. + 6. Klasse. Unter der Annahme einer 30° breiten Milchstrasse aber giebt folgende Tafel eine allgemeine Uebersicht:

[1]) On the distribution of the Nebulae in Space, Monthly Notices Vol. XXVII, pag. 257 ff.

	Flächen	Stern-haufen	Glob. Sternh.	r, rr, rrr	auflösb. Nebel	unauflösl. Nebel	Planetar. Nebel	Summen
nördl. der Milchstrasse	15	20	3	12	246	2206	9	2496
in der Milchstrasse	8	434	14	29	35	234	21	767
südl. der Milchstrasse	11	26	11	16	73	1295	4	1425
grosse Capwolke . .	1½	52	0	14	36	248	—	350
kleine Capwolke . .	½	3	3	0	7	25	—	38
Summe	36	535	31	71	397	4008	34	5076

Die Sternhaufen sind also in der Milchstrasse und beinahe ebenso stark in der grossen Capwolke zusammengedrängt (wie man sieht, wenn man mit der unter »Fläche« stehenden Zahl, welche das Grössenverhältniss der abgezählten Flächen angiebt, dividirt), das gleiche gilt von den mit *r* versehenen globularen Sternhaufen, während die sonstigen globularen Sternhaufen an Zahl zu wenig sind, um Bestimmtes von ihrer Vertheilung sagen zu können, dagegen scheint trotz der kleinen Zahl der planetarischen Nebel ihr Uebergewicht in der Milchstrasse gesichert. Die auflösbaren Nebel aber ebenso wie die unauflöslichen vermeiden die Milchstrasse in auffallender Weise, sind dagegen in den beiden Capwolken sehr stark vertreten. Die Schlüsse, die ABBE weiterhin daraus zieht, dass die Zahl der Nebel südlich der Milchstrasse viel kleiner ist, sind jedenfalls unzulässig, da der südliche Himmel weder damals noch heute mit ebenso mächtigen Instrumenten durchmustert ist, wie der nördliche.

Die ABBE'schen Abzählungen kartiren PROCTOR[1]) und WATERS[2]), der erstere, indem er in isographischer Projection, in die 10° hohen, 30^m breiten Trapeze soviel Punkte gleichmässig vertheilt, als dort Nebel stehen, und zwar trennt er zuerst in die nördliche und südliche Hemisphäre, dann aber in eine östliche und westliche derart, dass einmal die Stunden 12^h und 24^h den Mittelmeridian bilden, also die nebelreichsten Regionen in die Mitte der Darstellung kommen, das andere Mal die Stunden 18^h und 6^h vorn sind, sodass die Milchstrasse quer über die Mitte der Darstellung verläuft und es in die Augen springt, wie ihr parallel die an Nebeln arme Zone geht. Auf einer vierten Karte stellt PROCTOR neben den Nebeln die hellen Sterne dar, um etwaige Beziehungen zwischen beiden abzuleiten, er glaubt auch zu finden, dass da, wo die Nebel gedrängter stehen, auch mehr helle Sterne sich zusammendrängen und umgekehrt. WATERS pointirt die Oerter der Nebel genauer, unterscheidet sie in auflösbare und unauflösliche durch resp. rothe und grüne Punkte und fügt durch rothe Kreuze die Sternhaufen hinzu, alle Orte innerhalb ± 1° genau. Dann werden die bekannten Thatsachen der Ausstreuung der Sternhaufen entlang, der Nebelflecke ausserhalb der Milchstrasse deutlich, weiter aber auch, dass die auflösbaren Nebel in ihrer Vertheilung den unauflöslichen sich eng anschmiegen.

Die zusammenfassende Kenntniss der Nebelflecke und Sternhaufen machte einen Schritt weiter durch DREYER's »A New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars being the Catalogue of the late Sir John F. W. HERSCHEL, BART, revised, corrected and enlarged«, Memoirs of the Royal Astr. Society Vol. XLIX, Part I London 1888, der nun schon 7889 Nummern umfasste. BAUSCHINGER schliesst seinem anerkennenden Referat über DREYER's Arbeit in V. A. G., Band 24, pag. 43 ff. sofort eine auf diesem ausgedehnteren Material basirende Untersuchung über die Vertheilung desselben in 15° hohe, 1^h breite Trapeze an,

[1]) Distribution of the Nebulae. Monthly Notices Vol. XXIX, pag. 337 ff.

[2]) The Distribution of Clusters and Nebulae. Monthly Notices Vol. XXXIII, pag. 558 ff.

indem er 4 Unterabtheilungen bildet, 1) die schwachen Nebel (*pF* bis *eF*) und Objecte mit »no description«, einschliesslich der ring- und spiralförmigen, 2) die hellen Nebel (*pB* bis *eB*) einschliesslich der sternartigen Nebel, 3) die (sicher) planetarischen Nebel, 4) die Sternhaufen und »globular clusters«. Die Unterscheidung der Nebel in die schwachen und helleren hatte den Zweck, zu entscheiden, ob die Fernhaltung der Nebel von der Milchstrasse einen physischen oder vielleicht nur optischen Grund habe, indem der helle Milchstrassenhintergrund die schwächeren Nebel überstrahlte; dann hätte sich die Abnahme der schwachen Nebel gegen die Milchstrasse als viel rapider ergeben müssen, als die der helleren.

Im Gegentheil aber findet BAUSCHINGER in seinen Tafeln, in welchen der Verlauf der Milchstrasse, sowie die beiden Milchstrassenpole markirt sind, genau das gleiche Fernbleiben von der Milchstrasse für die hellen und schwachen Nebel. Die Nebel häufen sich um die Milchstrassenpole, in den Capwolken, ausserdem aber in der Andromeda in $1\frac{1}{2}^h + 32\frac{1}{2}°$, dort nicht eben sehr weit von der Milchstrasse. Die planetarischen Nebel und die Sternhaufen liegen mit verschwindenden Ausnahmen in der Milchstrasse, letztere auch in den Capwolken.

Endlich hat sich STRATONOFF für seine öfter citirten »Etudes sur la structure de l'Univers« den DREYER'schen Catalog unter Benutzung von dessen von DREYER selbst 1895 gegebenem Supplemente[1]) und den seitdem neu gemachten Entdeckungen zu einer leider noch nicht allgemein zugänglichen Liste von 9943 Objecten ergänzt, unter denen 679 Sternhaufen sind. Er betrachtet und stellt in seinem Atlas in Bezug auf Vertheilung dar 5 verschiedene Klassen. Die fünfte bilden die Sternhaufen. Für die Nebelflecke stellt er zwei *principia divisionis* auf, einmal die Helligkeit und so scheidet er in 7919 schwache und 1345 helle, dann die Ausdehnung und zerfällt danach die Nebel in 7541 kleine und 1723 ausgedehnte. Jedoch in allen Fällen zeigen sich die gleichen bekannten Vertheilungsgesetze übereinstimmend mit ganz geringen Unterschieden. Die Milchstrasse ist ganz frei von Nebeln. Der Nordpol der Milchstrasse zeigt eine mächtige Zusammendrängung aller Nebel, der Südpol ist viel weniger dicht besetzt, doch rührt das zweifellos von der mangelnden Kenntniss der südlichen Nebel her. Ausser der schon von BAUSCHINGER angeführten Concentration der Nebel in der Andromeda findet sich eine weitere Verdichtung in $2^h 55^m + 40°$ im Perseus, wenigstens der kleinen und schwachen Nebel, nicht so sehr der grossen und hellen, und eine weitere in $23^h + 10°$ im Pegasus. Betrachtet man, um von der Unsicherheit bezüglich der südlichen Nebel frei zu sein, nur die Vertheilung bis — 20° Deklination und setzt die Dichtigkeit in der Breite + 80° bis + 90° gleich 100, so ergeben sich folgende Uebersichten über den Reichthum der anderen Parallelzonen der Milchstrasse an den verschiedenen Nebelarten:

mittlere Breite	schwache	kleine	helle	ausgedehnte	mittlere Breite	schwache	kleine	helle	ausgedehnte
+ 85	100	100	100	100	— 85	—	—	—	—
+ 75	64	72	136	106	— 75	43	53	45	18
+ 65	51	57	82	71	— 65	50	58	36	29
+ 55	37	44	64	41	— 55	55	62	54	47
+ 45	36	39	27	35	— 45	36	42	18	18
+ 35	26	26	18	29	— 35	34	37	18	24
+ 25	16	18	9	12	— 25	27	29	18	24
+ 15	9	11	9	6	— 15	15	15	9	18
+ 5	2	3	9	12	— 5	4	4	9	6

[1]) Index Catalog of Nebulae found in the years 1888 to 1894. Mem. of the R. A. S., Vol. LI.

Zweierlei aber geht aus dieser vergleichenden Zusammenstellung hervor, erstens die nahezu gesetzmässige Abnahme der Nebelzahlen aller Kategorien mit abnehmender nördlicher Breite, während in südlichen Breiten das Phänomen ebenfalls, aber lange nicht mit der gleichen Gesetzmässigkeit stattfindet; zweitens aber ist in der That bei den hellen und ausgedehnten Nebeln in der Milchstrasse, aber auch nur in ihr, bei Breiten unter ± 10° die Abnahme relativ geringer. Es mag also sein, dass in der Milchstrasse der Glanz des galaktischen Lichtes einige wenige schwache oder kleine Nebel überstrahlt und unserer Kenntniss entzogen hat. Das allgemeine Phänomen der regelmässigen Abnahme der Nebel nach der Milchstrasse hin ist aber kein optisches durch Auslöschen der Nebel in geringen Breiten erzeugtes, sondern ein physisches durch die räumliche Vertheilung der Nebel bedingtes.

Eine Untersuchung der Vertheilung der planetarischen und ringförmigen Nebel, sowie jener Nebel, deren Auflösbarkeit verschiedenen Grades in den Nebelcatalogen mit den Buchstaben *r*, *rr*, *rrr* bezeichnet ist, enthält dann die folgende Tabelle. Auf 100 Quadratgraden stehen

mittl. Breite	planetar. u. ringförm.	*r*	*rr*	*rrr*	mittl. Breite	planetar. u. ringförm.	*r*	*rr*	*rrr*
+ 85°	—	2·6	0·3	0·3	— 85°	—	0·3	—	—
+ 75	—	6·4	—	0·4	— 75	—	1·0	—	0·1
+ 65	—	3·0	0·2	0·6	— 65	—	1·1	0·1	0·3
+ 55	0·05	3·1	0·2	0·3	— 55	0·10	1·2	—	0·1
+ 45	—	1·6	0·2	0·1	— 45	0·04	0·7	—	0·1
+ 35	0·07	0·9	0·0	0·2	— 35	0·03	0·8	0·1	0·1
+ 25	0·03	0·6	0·1	0·1	— 25	0·03	0·7	—	0·1
+ 15	0·26	0·3	0·1	—	— 15	0·20	0·4	—	0·1
+ 5	0·42	0·2	0·1	0·1	— 5	0·59	0·2	0·1	0·1

Es geht daraus wieder hervor, dass, während die auflösbaren Nebel der verschiedenen Grade sich nicht anders verhalten, als die übrigen Nebel, die ringförmigen und planetarischen Nebel den Sternen ähnlich nach der Milchstrasse zunehmen. Auch von 32 spectroskopisch sicher als reine Gasnebel erkannten Objecten findet d'Arrest[1]) 25 in der Milchstrasse und schliesst daher auf ihre Wesensähnlichkeit mit den planetarischen Nebeln.

Die Vertheilung der Sternhaufen aber, welcher die letzten beiden Karten Stratonoff's gewidmet sind, giebt durch den Verlauf der Dichtigkeitscurven geradezu die Gestalt der Milchstrasse an. Fast überall ausserhalb der Milchstrasse ist die Zahl der Sternhaufen überhaupt Null. Nur die grosse Capwolke ist noch dichter als die Milchstrasse mit Sternhaufen besetzt, sie ist ja aber andererseits auch ein Sammelpunkt der Nebel und darin, dass sie diese beiden sonst einander vermeidenden Himmelswesen vereinigt, nimmt sie eine ganz eigenartige Stellung ein. Die kleine Capwolke ist in minderem Grade eine Condensation ebenfalls von Nebeln und Sternhaufen, sonst stehen noch Sternhaufen in einer geringen Dichte in dem Nordpol der Milchstrasse, in $5\frac{1}{2}^h$ — 35° und in $8\frac{1}{2}^h$ + 15°.

Von der allgemeinen Betrachtung der Sternhaufen müssen indessen die globularen getrennt werden und die folgende Tafel giebt für den Raum von 100 Quadratgraden die getrennten Zahlen:

[1]) A. N. Bd 80, pag. 189.

mittl. Breite	Globulare Haufen	sonstige	mittl. Breite	Globulare Haufen	sonstige
+ 85°	0·32	0·96	— 85°	0·32	—
+ 75	0·21	0·54	— 75	0·11	0·11
+ 65	—	0·07	— 65	—	—
+ 55	0·05	—	— 55	0·38	0·05
+ 45	0·16	0·12	— 45	0·12	0·12
+ 35	0·14	0·24	— 35	0·14	0·37
+ 25	0·12	0·22	— 25	0·15	0·37
+ 15	0·12	0·90	— 15	0·14	0·87
+ 5	0·11	5·35	— 5	0·17	5·94

Die Tafel zeigt zunächst wieder, dass die globularen Sternhaufen nicht wie die übrigen in der Milchstrasse vorherrschen, sondern in allen Breiten gleichhäufig vorkommen, dabei sind die scheinbaren Maxima an den Polen der Milchstrasse rein zufällig, da dort nur je ein globularer Haufen steht. Von den Sternhaufen im allgemeinen aber kann man, anstatt von einer Zunahme gegen die Milchstrasse zu sprechen, wohl richtiger sagen, dass ein kleiner Theil von ihnen zufällig da und dort vertheilt ist, dass aber der Haupttheil in der Milchstrasse steht.

Die Schlüsse, welche die neueren und neuesten Untersuchungen über die Vertheilung der Nebelflecke zeitigen, stossen aber die alte, von den beiden Herschel begründete Ansicht um, dass die Nebelflecke, weil ihre Anordnung keine Rücksicht auf die Milchstrasse zu nehmen scheine, Welten ausserhalb der Milchstrasse seien, oder dass die Nebel nichts anderes seien als gleichberechtigte Systeme mit dem unsrigen, als Milchstrassen, die nur die ungeheure Entfernung zu kleinen Nebeln zusammenschrumpfen lasse. Noch Cleveland Abbe hält die Milchstrasse, die Nubeculae und die Nebel für coordinirte Systeme und meint die Nubeculae seien nur in Folge ihrer Nähe so gross, sonst aber gewöhnliche Nebel, im übrigen will er die verschiedenen Objecte in folgende Reihenfolge der Entfernung setzen, Sternhaufen, globulare Sternhaufen, auflösbare globulare Haufen, auflösbare Nebelflecke, Nebel. Die regelmässige Abnahme der Nebelflecke in den galaktischen Zonen der Stratonoff'schen Tafel führt aber zum ersten Male zwingend vor Augen, dass die Nebel eben grade in Bezug auf die Milchstrasse angeordnet sind, nur dass ihr Vertheilungsgesetz in grossen Zügen das umgekehrte ist, wie bei den Sternen. Das ist eine Ansicht, die Proctor in seinen Aufsätzen über das Universum in den Monthly Notices gegen heftigen Widerspruch hat verfechten müssen, da ihm die beweiskräftigen Zahlen unserer Tafel nicht zur Verfügung standen. Die Nebel gehören also jedenfalls grossentheils zum Milchstrassensystem, ob einzelne besondere Formen derselben, wie die Spiral- oder die Ringnebel vielleicht ausserhalb desselben stehen, ist denkbar, nach der geringen Zahl der bisher davon der Statistik zugänglichen Objecte aber nicht zu entscheiden. Die Ansicht, dass sich die Nebelflecke allmählich zu Sternhaufen oder einzelnen Sternen entwickeln, kann nebenbei bestehen bleiben. Die enge Verwandschaft beider Weltenwesen geht ja aus dem Umstande hervor, dass in der grossen Capwolke sowohl die Nebel wie die Sternhaufen zahlreich nebeneinander vertreten sind. Man braucht, um den gegenwärtigen Zustand unseres Milchstrassensystems zu begreifen, nur anzunehmen, dass der Umwandlungsprocess von Nebel in Sternhaufen sich in der Nähe der Milchstrasse rascher vollziehen konnte und bereits vollständig vollzogen hat, dass er an den wenigen Stellen, wo sonst Sternhaufen ausserhalb der Milchstrasse stehen, eben-

falls gewirkt hat, dass er in den mit *r, rr, rrr* bezeichneten Nebeln wirksam ist, aber die grosse Masse der Nebel noch nicht ergriffen hat. Warum freilich dieser Prozess in niederen galaktischen Breiten sich so rapid rascher vollziehen musste, dafür ist kein Grund anzugeben, immerhin ist der Gedanke vorstellbar.

Was uns aber nun hauptsächlich fehlt, um anzugeben, in welcher Form der Anordnung die Nebelflecke die Milchstrasse zu beiden Seiten umgeben, ob in einer Kugel oder den Sternen gleich in einem Ellipsoid oder etwa in einer flachen Scheibe, ist eine genaue Bestimmung entweder ihrer Helligkeit oder ihrer Grösse; dann könnte man den analogen Schluss wie bei der Sternvertheilung machen und die durchschnittliche räumliche Entfernung der Objekte aus Helligkeit oder Grösse schliessen. Beide Aufgaben gehören indess zu den schwierigsten, aber auch zu den dankbarsten für die messende Astronomie. Genaue Grössenbestimmungen der von den Nebeln bedeckten Fläche wären vielleicht noch leichter auszuführen, zumal auf photographischen Platten, wenngleich nicht durch Messung der Dimensionen, sondern durch Schätzung der Fläche gegen äquidistante Etalons; die Helligkeit zu bestimmen, liesse sich vielleicht in der Weise ermöglichen, dass nach Ausziehen des Oculars der Nebel zwichen die gleichfalls nebelförmig gewordenen schwachen umgebenden Sterne eingeschätzt und diese dann photometrirt würden.

Die Ursachen des Milchstrassenschimmers.

Die Sternhaufen aber sind wesentliche Bestandtheile des Milchstrassensystems selbst, da sie fast ausschliesslich in den Windungen dieses grossen Lichtbandes liegen; über ihre Entfernung ist ebensowenig etwas bekannt; dennoch ist es für die Kenntniss der Structur der Milchstrasse von fundamentaler Wichtigkeit zu wissen, in welcher Entfernung wir uns die Bestandtheile zu denken haben, die uns als das optische Phänomen der Milchstrasse erscheinen. Die Ansicht, dass die Milchstrasse als ein oder zwei Ringe das ganze innere System umschlösse, event. gar mit einem leeren Raum dazwischen, nach Analogie der Saturnringe, ist ja längst aufgegeben und der anderen gewichen, dass entfernte Sterne des Systems selbst den Eindruck der grösseren oder geringeren Helligkeit der Milchstrasse erzeugen. Dass dies freilich nicht die dem unbewaffneten Auge sichtbaren Sterne sind, ist klar; aber auch nicht die helleren teleskopischen kommen dafür in Betracht. Die im Cataloge Cp_{80} von Stone beobachteten Sterne, die nur in Ausnahmefällen unter der 7. Grösse sind, sind im Anhange in stereographischer Projection dargestellt. Man sieht dann auf den ersten Blick durch das Engerstehen der Sterne den grössten Kreis angedeutet, längs dessen die Milchstrasse verläuft, aber die Sternörter sind doch weit entfernt, alle Einzelheiten des Verlaufes der Milchstrasse selbst auszudrücken. Die Frage, ob und in wieweit die Bonner Durchmusterungssterne am galaktischen Schimmer betheiligt sind, behandelt erstmals Plassmann in einem Vortrage vor der Generalversammlung der V. A. P. in Münster[1]). Er hat in den Trapezen der Seeliger'schen Abzählungen die Gesammtlichtstärke der vorhandenen Sterne in Einheiten der schwächsten *BD*-Klasse, der Grössenordnung $9^m{\cdot}1 - 9^m{\cdot}5$ berechnet. Die um je eine halbe Grössenordnung helleren Klassen entsprechen dann dem resp. 1·58, 2·51, 3·98, 6·31, 10·00 fachen[2])

[1]) Mittheilungen der V. A. P. 1893, pag. 102.

[2]) Diese Zahlen bedürfen nach den Seeliger'schen Untersuchungen auf pag. 79 ff 1. Thl. erheblicher Correcturen mit der galaktischen Breite.

dieser Lichteinheit, die letzte Klasse ist dabei die der Grössen 6·6—7·0; die noch helleren bereits scharfen Augen als isolirte Punkte sichtbaren Sterne werden absichtlich ausgeschlossen, bei der Berechnung des Lichtschimmers der Gesammtheit der teleskopischen. Addirt nun PLASSMANN die Beiträge, welche jede halbe Grössenklasse zu diesem Lichtschimmer giebt und multiplicirt er die Resultate mit $sec\,\delta$ zur Reduction auf gleiche Flächen, so erhält er seine beigefügte Tafel der »Logarithmen der Sternfülle«. Diese Logarithmen schwanken zwischen den Extremen 2·720 in $4^h\,0^m + 27\frac{1}{2}°$ und 3·480 in $20^h\,0^m + 37\frac{1}{2}°$, sodass also die grösste Lichtmenge nicht einmal 6 Mal die kleinste übertrifft. Doch sind dies die alleräussersten Extreme. AMEKE hat dann die Resultate graphisch dargestellt und unter der Annahme, dass mit einer Sternfülle von 3·0 also mit 1000 Sternen der schwächsten *BD*-Grösse auf das Trapez (= 50 Quadratgrade) die Empfindungsschwelle überschritten sei, durch immer stärkere Blaufärbung der diese Grenzzahl überschreitenden Trapeze eine »theoretische Milchstrasse« hergestellt, von welcher in Band 1896 derselben Zeitschrift auf pag. 141 der äquatoreale Gürtel schematisch reproducirt ist. Mit dieser theoretischen Milchstrasse vergleicht nun PLASSMANN die wirklichen Milchstrassenzeichnungen von BOEDDICKER, EASTON, HEIS, HOUZEAU, sowie unveröffentlichte von PANNEKOEK und findet an den meisten Stellen eine hinreichende Uebereinstimmung. Hieraus aber den Schluss zu ziehen, dass die teleskopischen Sterne der *B D* die Milchstrasse erzeugten, wäre offenbar verfehlt; denn in der »theoretischen Milchstrasse« sind stillschweigend die Beiträge übergegangen, die die noch schwächeren Sterne zur Sternfülle liefern und die offenbar beträchtlich, wahrscheinlich aber sogar den Glanz der mitgenommenen überwiegend sein müssen. Denn die Glieder der Reihe von Beiträgen zu dieser Sternfülle, an der PLASSMANN exemplificirt und die für den allgemeinen Verlauf thatsächlich typisch ist, lauten so:

Sterne	$6^m\cdot6-7^m\cdot0$	$7^m\cdot1-7^m\cdot5$	$7^m\cdot6-8^m\cdot0$	$8^m\cdot1-8^m\cdot5$	$8^m\cdot6-9^m\cdot0$	$9^m\cdot1-9^m\cdot5$	$9^m\cdot6-10^m\cdot0$ ect.
Anzahl	5	7	21	43	108	399	? . . . .
Beitrag	50 +	44 +	84 +	108 +	171 +	399 +	? . (=856+?)

Die Reihe der Beiträge ist vom zweiten Gliede an eine steigende und, ohne dass ihre Form irgendwie bekannt zu sein brauchte, lässt sich doch soviel erkennen, dass sie nicht mit dem sechsten Gliede abgebrochen und summirt werden darf, da die weiteren Glieder den Betrag des letzten und sehr möglicher Weise sogar der bisherigen Summe übersteigen[1]). Wenn aber die Beiträge der Sterne $9^m\cdot6$ — $10^m\cdot0$ u. s. w. zur Sternfülle so wesentliche und jedenfalls wesentlichere sind als die der bekannten Helligkeitsklassen, so hat eine Beziehung zwischen der Lichtfülle der *BD*-Sterne und der Milchstrasse nur den Werth, dass eine zufällige Uebereinstimmung der Lichtknoten der Milchstrasse und der Maxima der Sternfülle beweist, dass eben jene nicht berücksichtigten schwächeren Grössenklassen gegenüber den Nachbarsternen dort zufällig dasselbe Ueberwiegen zeigen wie die *BD*-Sterne über die umstehenden. Es folgt also aus PLASSMANN's Bestimmungen der Lichtfülle geradezu, dass im allgemeinen nicht die *BD*-Sterne den Glanz der Milchstrasse erzeugen. Es ist auch eine ganz willkürliche Annahme, dass bei Sternfüllenlogarithmen, die nur zwischen 2·72—3·48 schwanken, gerade bei dem Werthe 3·0 plötzlich die Empfindungsschwelle überschritten würde, sondern bei so kleinem Spielraum ist die Annahme

[1]) Das wird auch nicht viel anders, wenn man den Umstand richtig würdigt, dass die Zahl 399 der Klasse $9^m\cdot1$ — $9^m\cdot5$ besonders gross ist, weil diese Klasse nicht 5, sondern wohl 8 Zehntel der gleichförmigen Grössenskala enthält.

ebenso berechtigt, dass die Empfindungsschwelle überhaupt ausserhalb des Intervalles liegt, sodass entweder alle oder keine der Sternfüllen auf das Auge wirken. Erst die Verschiedenheit der wirkungsvollen Beiträge viel schwächerer Grössenklassen bringt die Differenzirung heraus. Das geringe Schwanken der Sternfüllen spricht aber wiederum für eine nahezu kugelförmige, schwach abgeplattete Form des Haufens der *BD*-Sterne.

Plassmann zeigt auch selbst, indem er das Zusammenfallen gewisser reicher Aichungen Epstein's (der Sterne bis 12^m), die ihm handschriftlich mitgetheilt wurden, mit den Glanzstellen der Milchstrasse betont, (z. B. bei φ Cygni), dass er doch an jene schwächeren und entfernteren Sterne als Ursachen des Milchstrassenschimmers denkt. In einwandfreier Weise aber hat Easton[1]) die Frage gefördert, welche Sterngrösse vorzugsweise den Eindruck der Milchstrasse hervorruft, indem er eine Stelle im Adler auswählte, die er in 4 gleiche Trapeze *A*, *B*, *C*, *D* so zerlegte, dass *A* eine sehr schwache, *B* eine schwache, *C* eine hellere, *D* eine sehr helle Stelle der Milchstrasse enthält. In den gleichen Trapezen werden die *BD*-Sterne und die Celoriasterne abgezählt und zunächst die beiden hellen den beiden schwachen, dann die hellste Parthie der schwächsten gegenübergestellt. Es findet sich

Grösse	$C+D$	$A+B$	Ueberschuss von $C+D$ über $A+B$	D	A	Ueberschuss von D über A
1—6·5 *BD*	9	8	+ 1	4	4	0
6·6—7·0 „	17	11	+ 6	10	3	+ 7
7·1—7·5 „	16	18	— 2	11	6	+ 5
7·6—8·0 „	27	36	— 9	14	23	— 9
8·1—8·5 „	64	78	— 14	37	38	— 1
8·6—9·0 „	185	171	+ 14	110	73	+ 37
9·1—9·5 „	1035	955	+ 80	566	432	+ 134
1—11? Cel.	4476	2924	+ 1552	2658	1189	+ 1469
Milchstrasse	hell	schwach	+	sehr hell	sehr schwach	+

Man sieht also, dass am Ueberwiegen der Stellen $C+D$ des Milchstrassenlichtes über $A+B$, resp. von D über A die hellen Sterne gar nicht betheiligt sind, diese projiciren sich vielmehr zufällig auf die Milchstrasse. Die Sterne $8^m{\cdot}6—9^m{\cdot}0$ fangen an, zum Milchstrassenschimmer beizutragen, die Sterne $9^m{\cdot}1—9^m{\cdot}5$ sind noch stärker dabei wirksam, der Hauptantheil an dem verschieden hellen Schimmer fällt aber den Celoriasternen zu, was Easton noch bekräftigte, indem er mit Hilfe Pannekoek's Karten zeichnete, welche das Licht der einzelnen Grössenklassen der *BD*-Sterne, berechnet in Einheiten des Lichtes der Sterne $9^m{\cdot}1—9^m{\cdot}5$ für die Seeliger'schen Trapeze durch kräftigere oder schwächere Nuancen wiedergeben, also ähnlich wie Plassmann dies gethan; nur findet Easton im Grossen und Ganzen keine Aehnlichkeit zwischen dem Verlauf der Milchstrasse und diesen Karten und auch ein anderer Versuch, durch Verkleinerung der Argelander-schen Karten, durch welche die Milchstrasse zieht, auf $\frac{1}{16}$ ihres Maassstabes die Gruppirung der *BD*-Sterne besser zu überschauen, zeigt im allgemeinen nicht die Contouren und Lichtnuancen der Milchstrasse. Stellenweise allerdings ist die Uebereinstimmung vorhanden und frappant, und sogar die helleren Sterne zeigen dann eine deutliche Verknüpfung mit der Milchstrasse, so in den hellen Flecken bei δ, 19 und 64 des Adlers, wo auch das »Vorgebirge« des West-

[1]) Sur la distribution apparente des étoiles dans une partie de la Voie lactée A. N. 3270

zweiges bei 4 Aquilae ausgeprägt ist; ebenso sind die hellen Sterne selten an der dunkeln Stelle, die von δ nach 35 und ν des Adlers geht.

An der Gegend zwischen α und *A* Cygni, wo die Contraste gross sind, da auch der nördliche Kohlensack in sie eingeschlossen ist, zeigt EASTON noch deutlicher, indem er sie in 14 Felder von 6 verschiedenartigen galaktischen Helligkeiten zerlegt, dass die Sterne bis $9^m{\cdot}0$ eine andersartige Anordnung haben wie die Milchstrasse, dass aber die Grössenklasse $9^m{\cdot}1$—$9^m{\cdot}5$ meistens dieselben Schwankungen in der Sterndichte zeigt, wie die Milchstrasse in der Helligkeit. In dieser Gegend kann aber EASTON noch weiter entfernte Sterne mitsprechen lassen, zwar hat CELORIA hier keine Abzählungen, aber er konnte auf 2 Photographieen WOLF's, die in *Knowledge* 1891 reproducirt waren, auf der kürzer exponirten die Sterne bis zur $11^m{\cdot}5$, auf der länger exponirten die Sterne bis $13^m{\cdot}5$ abzählen, ausserdem 14 Aichungen EPSTEIN's, die bis 12^m gehen, benutzen und die HERSCHEL'schen Aichungen hinzuziehen. Werden nun für ein Feld von 1400 Quadratminuten Mittelzahlen gebildet für 3 Stellen, an denen die Milchstrasse schwach, mittelhell und glänzend ist, so entstehen folgende Vergleichszahlen:

Milchstrasse	*BD* 1—$9^m{\cdot}5$	WOLF 1—11^m	EPSTEIN 1—12^m	WOLF 1—$13^m{\cdot}5$	HERSCHEL 1—15^m(?)
Schwach	9	28	65·5	165	151
Mittelhell	12·7	52·3	85·7	297	1257
Glänzend	18·5	84·5	127·4	492·6	2115

Hier ist es nun sehr auffallend, dass die mit der Milchstrasse analoge Anordnung, die die Gesammtheit der *BD*-Sterne zeigt, sich fast in derselben Proportion bei all den schwächeren Sternen wiederholt, wenn man die erste HERSCHEL'sche Zahl auslässt. EASTON glaubt danach die schwächsten Sterne, die theoretisch sich bis auf die 12fache Entfernung der schwächsten *BD*-Klasse erstreckten, in engem Zusammenhang, also ungefähr in derselben Entfernung sich angeordnet denken zu müssen, wie die letzten *BD*-Sterne, als Theile derselben Condensationen, welche die Lichtknoten in der Milchstrasse erzeugen, nur als kleinere Glieder derselben. Denn wollte man selbst eine gleichförmige Anordnung der Sterne bis auf die 6fache Entfernung der *BD*-Sterne annehmen, so müsste man sie gleichzeitig in immer höher werdenden Schichten bis gleichfalls zur 6fachen Höhe sich vorstellen, je weiter der Visionsradius in den Kegel des Gesichtsfeldes dringt, also eine Anordnung in Bezug auf die Sonne, die doch undenkbar ist.

SEELIGER[1]) indessen glaubt bei aller Anerkennung der EASTON'schen Arbeit dies Parallellaufen der Sternzahl für die *BD*-Sterne und die schwächsten Sterne überhaupt doch für ein lokales, nicht überall in der Milchstrasse auftretendes Phänomen halten zu sollen. Zum Beweise hat er in allen Feldern, in denen die beiden HERSCHEL im Bereiche der Durchmusterung geaicht, auch die Bonner Sterne abgezählt und findet, wenn nach der Zahl der HERSCHEL'schen Sterne geordnet wird, im Mittel

für die *BD*				für die *SD*			
W. HERSCHEL				J. HERSCHEL			
Grenzen	Mittel	*BD*	ε	Grenzen	Mittel	*SD*	ε
> 300	409	3·41	± 0·41	> 160	222	2·15	± 0·31
200—300	256	2·83	32	120—160	133	3·13	35
120—200	154	3·39	46	80—120	103	3·63	63
80—120	97	3·06	41	50—80	62	2·71	50
60— 80	69	2·38	31	20—50	31	2·70	56
< 60	43	2·37	34	< 20	11	1·63	51

[1]) Betrachtungen über die räumliche Vertheilung der Fixsterne, pag. 55 ff.

Ein Parallellaufen der HERSCHEL'schen Sternzahlen mit den Durchmusterungen findet hiernach im allgemeinen nicht statt. An den nur 4 Stellen, wo W. HERSCHEL in der Zone CELORIA's geaicht hat, finden sich folgende Werthe, die einander gegenüber gestellt werden können.

	HERSCHEL	CELORIA	*BD*
	217	10·6	5
	272	14·6	3
	311	17·5	2
	398	14·1	6
Mittel	299	14·2	4·0

Natürlich sind diese Werthe nicht zahlreich genug, um irgend welche Schlüsse zu ziehen, jedenfalls sprechen sie nicht gerade für ein Parallellaufen von HERSCHEL- und CELORIA-Sternen.

Sonach hält SEELIGER es nicht gerade für wahrscheinlich, dass die EASTON-sche Ansicht der Anhäufung der schwächsten *BD*-Sterne und der HERSCHEL-schen Sterne auf einen Raum von geringer Tiefenausdehnung ein **allgemeines** Phänomen sei, obwohl sie an gewissen Stellen denkbar wäre. Die Milchstrasse ist jedenfalls eine Gegend unseres Systems, wo die Sterne erheblich gedrängter stehen als anderswo. Dass die Lichtknoten und Sternhaufen in der Milchstrasse die Folgen von Anziehungskräften sind, welche bei der Masse der Objecte dort stärker walteten, als in dem übrigen, so überaus dünn mit Materie besetzten Raum, ist eine Möglichkeit der Vorstellung, weiter nichts. Es ist zwar sicher, dass die Milchstrasse rings um uns gelagert ist, aber sehr unwahrscheinlich, dass sie die Form eines Kreisringes hat, jedenfalls würde in einem solchen die Sonne ziemlich, wenn auch nicht übermässig excentrisch stehen.

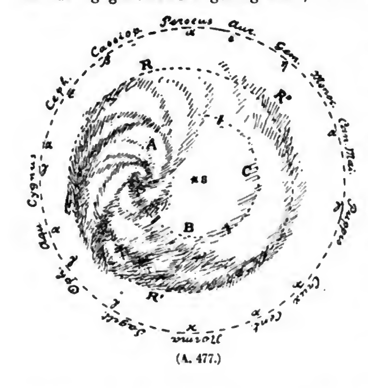
Die Milchstrasse als Spiralnebel.

In einer jüngst erschienenen Publikation »A new theory of the Milky Way«[1]) kommt EASTON auf den Gedanken einer engen Verknüpfung doch auch vieler selbst heller Sterne mit den Milchstrassengebilden erneut zurück. Er betont unter anderem als Beispiel die zweifellose Zusammengehörigkeit der Trapezsterne mit dem Orionnebel und der Plejaden mit den die einzelnen Sterne und die ganze Gruppe einhüllenden Nebelmassen. Stellen, die ähnliche Deutung fordern, sind der Lichtknoten zwischen α und *A* Cygni, und der im nördlichen Theile des grossen hellen Flecks zwischen γ und β Cygni. Entweder müssen wir hier gewaltige Sternanhäufungen voraussetzen oder die Gegend in solcher Nähe bei uns annehmen, dass auch die Zugehörigkeit der genannten Cygnus-Sterne zu ihr nicht mehr unwahrscheinlich ist. Wie schwach ist im Vergleich zu dieser Cygnus-Region, die 90° Länge davon entfernte des Perseus, nicht nur in den Milchstrassengebilden, sondern auch an Sternen, wenn wir von den allerhellsten absehen. In der Cygnus-Region herrscht aber nicht nur der grösste Reichthum an Durchmusterungssternen, der schon RISTENPART[2]) hier das Centrum der Milchstrasse suchen liess (in $\alpha = 20^h$ 20^m, $\delta = 40°$ und in der Entfernung der Sterne $5^m \cdot 9$), sondern auch HERSCHEL fand hier eine seiner grössten Sternzahlen mit 588 Sternen pro Feld und EPSTEIN aichte bei γ Cygni 600 Sterne bis 12^m in einem Raume, auf den sonst durchschnittlich 140 kamen. Zwar kommen auf der Südhalbkugel im Schilde und zwischen γ und μ des Schützen hellere Flecken vor, aber sie sind lange nicht so aus-

[1]) The Astrophysical Journal Vol. XII, pag. 137.

[2]) Untersuchungen etc., pag. 263 ff.

gedehnt wie die Gegend im Schwan und kommen mehr auf die Rechnung einer Contrastwirkung gegen benachbarte ganz dunkle Stellen, während die Cygnusgegend von ziemlich hellen Flächen der Milchstrasse umgeben ist. Indem Easton nun noch ausführlich die Lagerung der beiden Zweige der Milchstrasse neben einander betrachtet, kommt er nach allem auf den Gedanken, dieselben nicht neben- sondern hintereinander anzunehmen, wenngleich in Ebenen, die um 20° gegeneinander geneigt sind, und der ganzen Milchstrasse die Form eines Spiralnebels anzuweisen, dessen Wirbelpunkt eben die Region im Cygnus ist. Seine Abbildung ist hier als Fig. 477 reproducirt. S zeigt die Stellung der Sonne an. A ist eine ziemlich reiche Windung, die den Verlauf der Milchstrasse von der Cassiopea bis zu γ Ophiuchi erzeugt, B dagegen ruft den zweiten (reicheren) Zweig durch Schlange, Skorpion und Wolf hervor; den letzten Ausläufer von B, die matte und dünnbesetzte Windung C, hält Easton für die Erzeugerin des Kranzes heller Sterne, des galactic belt Gould's, der den Centauren, das Kreuz, das Schiff und den grossen Hund durchzieht. Die verschiedenen weiteren Windungen, die zwischen Adler und Cassiopea eingezeichnet sind, glaubt Easton zur Darstellung der Lichtbrücken und Spalten in dieser Gegend nöthig zu haben, den Hauptverlauf der Milchstrasse aber ruft die grosse, alles umfassende Windung $RR'R''$ in Erscheinung, die kurz vor dem Perseus endet, wo nur ein schmaler, vom Wirbelpunkt ausgehender Strom noch einigen Milchstrassenschimmer erzeugt.



(A. 477.)

Das ganz eigenartige und neue Bild, welches die Ideen Easton's von dem Weltgebäude entwerfen, und welches er selbst nicht etwa als eine Darstellung, sondern nur als Typus der von ihm gedachten Form desselben angesehen wissen will, ist jedenfalls vorstellbar und seine mögliche Berechtigung erkennt man, wenn man sich umgekehrt fragt, wie sich in einem Spiralnebel, dessen Typus wir hier in dem Object M 74 Piscium abbilden (Fig. 478), die Spiralen darstellen würden für einen Schauplatz unweit des Wirbelpunktes; man sieht sofort, dass, wenn alle Windungen in einer Ebene liegen, dann eine Milchstrasse in nur einem Zuge, aber von verschiedener, durch die Entfernung vom Beschauer bedingter Breite mit einem gewaltigen Lichtknoten entstehen würde, sollten aber nicht alle Windungen in einer Ebene liegen, sondern sich einzelne darüber erheben, jedoch nicht um starke Neigungswinkel, so würden die grossen Trennungen in der Milchstrasse, Spalten und Lichtbrücken, in Erscheinung treten, die wir thatsächlich sehen. Gegen die Vorstellbarkeit der Spiralform der Milchstrasse wäre also a priori nichts einzuwenden, ausser einem Bedenken, das vielleicht nicht allzuferne Zukunft zerstreuen wird. Das Beispiel mit dem Spiralnebel M 74 Piscium behält nur dann seine Wirkung, wenn dieses Object und die Milchstrasse coordinirte Himmelswesen sind. Wir haben aber oben gesehen,


(A. 478.)

dass die Nebel im Allgemeinen als Angehörige des Milchstrassensystems betrachtet werden müssen, also dem ganzen untergeordnet sind, nur von den planetarischen, den ringförmigen und den Spiralnebeln liess sich das der geringen Anzahl dieser Objecte wegen nicht sicher erweisen. Nun hat der jüngst allzufrüh von dem Felde seiner astronomischen Entdeckungen abgerufene James Keeler mit dem Crossley-Reflector der Lick-Sternwarte nicht nur eine ungeahnte Fülle neuer Nebel entdeckt, da sein Fernrohr weit tiefer als die früheren mit Hilfe der Photographie in den Raum eindrang, er hat die Zahl der in ihm sichtbaren Nebel für den ganzen Himmel auf 120000 geschätzt gegen die kaum 10000, über die Stratonoff bei seinen Untersuchungen verfügte; er hat aber vor allem gefunden, dass unter den neuentdeckten Nebeln die überwiegende Mehrzahl Spiralnebel waren und kommt zu dem Schlusse, die spiralige Structur für die vorherrschende oder fast für die typische Form der Nebel zu halten. Sobald nun die Fortsetzung der von Keeler begonnenen Entdeckungen neuer Nebel an dem so leistungsfähigen Instrumente uns mit nahezu allen von ihm erreichbaren Objecten bekannt gemacht haben wird, wird eine Untersuchung über die Vertheilung der Spiralnebel gesondert erfolgen müssen. Ergiebt diese dann eine Anordnung derselben ohne jede Rücksicht auf die Milchstrasse, sodass die Spiralnebel ihrerseits als selbständige Milchstrassensysteme gedeutet werden können, so ist die Annahme einer spiraligen Structur auch für unsere Milchstrasse nicht nur eine mögliche, sondern eine sehr wahrscheinliche Hypothese, dann würden sich die Spiralnebel (und die planetarischen Nebel) deutlich von den übrigen Nebeln sondern und nur letztere wären als Glieder unseres Milchstrassensystems anzusprechen. Ergiebt sich aber für die Vertheilung der Spiralnebel das gleiche Gesetz wie für die andern Nebel, so wären auch sie dem Milchstrassensystem zuzurechnen und der Easton'schen Annahme für die Structur der Milchstrasse fehlten dann jedenfalls die Analogieen.

Es ist klar, wie wichtig diese von der Fortführung der Keeler'schen Entdeckungen herbeizuführende Entscheidung auch noch in anderer Beziehung ist. Gehören nämlich alle Nebel auch zum Milchstrassensystem, so ist dieses das einzige Individuum, das wir kennen im endlosen Raum, dann bildet die ganze Welt der sichtbaren und unsichtbaren Sterne, der Milchstrassenwindungen, der Sternhaufen und Nebelflecke nur eine Insel im Weltall, und von andern Lebewesen des leeren Raums wissen wir entweder gar nichts, weil die Olbers'sche Extinction des Lichtes (s. o.) uns jede Kunde von ihnen entzieht, oder es sind überhaupt keine da und die ganze Materie des Alls ist in dem einzigen Kosmos untergebracht, von dessen zahlreichen, längs einer Hauptebene neben- und hintereinander stehenden Sternhaufen, einer auch unsere Sonne umschliesst. Sind aber die Spiralnebel coordinirte Glieder des Milchstrassensystems, so giebt es noch ausserhalb unserer Welteninsel andere im Ozean des Raumes zerstreute und den Weg, unter diesen die höhere Wesenseinheit, die Anordnung zu Milchstrassensystemen, aufzufinden, den die philosophischen Ueberlegungen Kant's und Lambert's einschlugen, wirklich zu betreten, steht den Entdeckungen der Zukunft bevor.

Heutzutage beschränkt sich ja unsere Kenntniss über die räumliche Anordnung von Himmelskörpern thatsächlich auf die Sterne der *BD* und *SD*, deren äusserste in dem 70fachen der Entfernung der Sterne erster Grösse, dem 7fachen des Abstandes der Sterne 6. Grösse, bis zu denen das unbewaffnete Auge reicht, liegen; die letzten Sterne Herschel's, wenn wir diese mit als äusserste Glieder des Milchstrassenhaufens betrachten wollen, würden aber mit

rund 700 Siriusweiten noch 10mal weiter als die Bonner Sterne entfernt sein. Wäre die Milchstrasse in ihrem Längsschnitte ungefähr kreisförmig, so kennen wir also erst innerhalb des innersten Hundertels ihrer Hauptebene die Sternvertheilung genauer, von allen andern entfernteren Objecten kennen wir nur die Grundgesetze ihrer Anordnung oder können sogar diese nur muthmassen.

Annahme anderer Raumformen.

Die vorhin als event. mögliches Ergebniss der künftigen Nebelforschungen angedeutete Hypothese, dass alle sichtbaren Himmelsobjecte zusammen Mitglieder des Milchstrassensystems seien und sonach nur **eine** Stelle des unendlichen Raums mit Materie belegt erscheine, ist aber noch einer ganz andern Deutung fähig, wenn wir den Darlegungen Schwarzschild's auf der Heidelberger Astronomenversammlung folgen wollen[1]). Sie kann nämlich auch aus der endlichen Ausdehnung des Raumes folgen. Nur zwei andere Raumformen kommen nach Schwarzschild neben dem euklidischen unendlichen in Betracht, der elliptische Raum, in dem jede gerade Linie in sich zurückläuft, in dem aber zwei gerade Linien nur einen Schnittpunkt haben (und nicht zwei wie im sphärischen); dieser Raum ist endlich und hat einen endlichen Krümmungshalbmesser R; zweitens der hyperbolische oder pseudosphärische Raum mit imaginärem Krümmungshalbmesser iR; er ist unendlich, und die Winkelsumme eines Dreiecks in ihm ist kleiner als zwei Rechte. Kein geringerer als Lobatschefskij hat in seinem Werke »Ueber die Anfangsgründe der Geometrie«[2]) gleich die Frage erörtert, ob die Existenz des hyperbolischen Raumes irgendwie in Widerspruch mit astronomischen Parallaxenbestimmungen käme. Ist der Winkel zwischen Sonne und einem Fixstern zur Zeit der grössten jährlichen Parallaxe $\frac{\pi}{2} - 2p$, so steht die Visierlinie nach dem Sterne ein halbes Jahr vor- resp. nachher senkrecht auf dem Erdbahnradius r. Dann ist dieser senkrechte Winkel $F\left(\frac{2r}{R}\right)$ in der hyperbolischen Geometrie $> \frac{\pi}{2} - 2p$ und ausserdem mit der Länge des Erdbahndurchmessers $2r$ verknüpft durch die Gleichung:

$$tang\,\tfrac{1}{2}F\left(\frac{2r}{R}\right) = e^{-\frac{2r}{R}};$$

$$\text{demnach}\quad e^{-\frac{2r}{R}} > tang\left(\frac{\pi}{4} - p\right) > \frac{1 - tang\,p}{1 + tang\,p},$$

woraus nach weiteren Umformungen

$$tang\,2p > \frac{2r}{R}$$

folgt. Lobatschefskij musste sich mit ganz minderwerthigen Annahmen über die Parallaxen begnügen, z. B. für Sirius $2p = 1''{\cdot}24$, für 29 Eridani $2p = 2''$. Dieselben ergeben resp. $\frac{2r}{R} < 0{\cdot}000006012$ und $0{\cdot}000009696$, also den Krümmungsradius des Raumes zu mindestens 330000 Erdbahnradien. Selbst für das Dreieck mit Sirius an der Spitze würde die Winkelsumme nur um $0''{\cdot}000003727$ kleiner sein als 180° und die Hoffnung durch Widersprüche in den Beobach-

---

[1]) Ueber das zulässige Krümmungsmaass des Raumes. V. A. G. 1900, pag. 337 ff.

[2]) Nikolaj Iwanowitsch Lobatschefskij. Zwei geometrische Abhandlungen, aus dem Russischen übersetzt, mit Anmerkungen und mit einer Biographie des Verfassers von Friedrich Engel, Leipzig 1898, pag. 22 ff.

tungen diesen Winkel nachzuweisen, ist also ganz illusorisch. SCHWARZSCHILD schlägt einen etwas andern Weg zu dem gleichen Ziele ein. Ist d der Abstand eines Sternes gemessen auf dem Lichtstrahl, der von ihm zu uns dringt, p seine astronomisch bestimmte Parallaxe und r der Erdbahnradius, so gilt für den hyperbolischen Raum

$$\sin (hyp) \frac{d}{R} = \frac{r}{\sqrt{p^2 R^2 - r^2}} \cdot$$

Daraus folgt $p > \frac{r}{R}$, sodass jeder Stern des hyperbolischen Raumes auch bei noch so grosser Entfernung eine endliche Parallaxe zeigen muss, deren Minimum durch das Krümmungsmaass bestimmt ist. Nach den heutigen Beobachtungen können wir dieses Minimum der Parallaxe gewiss nicht über 0''·05 annehmen und kommen damit auf einen Mindestradius des hyperbolischen Raumes von 4 Millionen Erdbahnhalbmessern. Der Radius müsste entsprechend vergrössert werden, wenn mit Sicherheit Parallaxen unter 0''·05 nachgewiesen werden sollten. Jedenfalls ist er so gross, dass innerhalb der Dimensionen des Planetensystems sich keine Anomalien gegenüber der euklidischen Raumvorstellung zeigen können; da andererseits der pseudosphärische Raum gleich dem euklidischen unendlich ist, so können auch ungewohnte Erscheinungen des Fixsternsystems sich nicht darbieten.

Anders bei dem elliptischen Raum. Die analoge, Parallaxe und Entfernung verbindende Formel ist hier

$$\mathrm{cotang}\, \frac{d}{R} = \frac{R}{r} \cdot p.$$

Es entspricht also jeder (auch noch so kleinen) Parallaxe eine reelle Entfernung d, welches Krümmungsmaass man auch annehmen mag. Welchen Werth man indessen für das Krümmungsmaass des elliptischen Raumes mindestens annehmen muss, ergiebt sich aus dieser Formel ebenfalls. $\frac{R}{r} = 30000$ z. B. giebt für

$$p = 1''{\cdot}0,\ 0''{\cdot}1,\ 0''{\cdot}0: \quad \log \mathrm{cotang}\, \frac{d}{R} = 9{\cdot}1627,\ 8{\cdot}1627,\ -\infty,$$

also $\frac{d}{R} = 81^\circ\, 43'{\cdot}5,\ 89^\circ\, 9'{\cdot}0,\ 90^\circ\, 0'$, oder $4903'{\cdot}5,\ 5349'{\cdot}0,\ 5400'$.

Da nun $90^\circ = 5400' = \frac{\pi}{2}$ ist, werden die drei Distanzen für

$$p = 1''{\cdot}0, \quad d = 0{\cdot}908 \cdot R \frac{\pi}{2} = 42800 \quad \text{Erdbahnradien}$$

$$p = 0\ {\cdot}1, \quad d = 0{\cdot}991\ R \frac{\pi}{2} = 46700 \quad \text{,,}$$

$$p = 0\ {\cdot}0, \quad d = 1{\cdot}000\ R \frac{\pi}{2} = 47100 \quad \text{,,}$$

Es mag angenommen werden, dass es 100 Sterne mit Parallaxen über 0''·1 giebt und 100 Millionen mit Parallaxen unter 0''·1, daraus ergiebt sich die Unvorstellbarkeit des Resultates bezüglich der Entfernungen. Da wohl kein Stern eine Parallaxe über 1''·0 hat, so käme um die Sonne ein leerer Raum von 42800 Radien Abstand, dann ständen 100 Sterne in Entfernungen, die bis zu 3900 Radien grössere Abstände hätten als die Begrenzung des leeren Raumes und die übrigen 100 Millionen wären in Entfernungen zusammengedrängt, die nur bis zu 400 Radien kleiner wären, als die grösstmögliche Entfernung $R \frac{\pi}{2}$ überhaupt. Es muss also für R ein Werth angenommen werden,

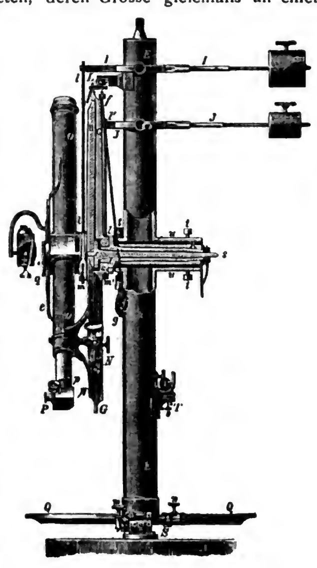
der ungefähr das entfernteste Raumstück, in welchem die 100 Millionen Sterne stehen, 1000000 mal so gross macht, als das innere mit seinen 100 Sternen. Dieser Bedingung würde durch $R = 160$ Millionen Erdbahnradien ungefähr entsprochen und man käme damit auf eine Grösse des Raums etwa von der Grössenordnung, wie sie der von SEELIGER angenommenen räumlichen Ausdehnung des Fixsternsystems entspräche, dann würde nur dieses und keine andere Welt in dem dann endlichen Raume Platz haben. Man kann natürlich R auch auf das 2 bis 3fache vergrössern oder verkleinern, ohne auf unzulässige Zusammendrängungen der Sterne gegen den »Rand« des elliptischen Raumes zu stossen. Der in sich selbst zurücklaufende Lichtstrahl macht die »Reise um die Welt« πR in 8000 Jahren und zur Beseitigung der einzigen sich ergebenden Schwierigkeit, nämlich der, dass wir am Nachthimmel der Sonne gegenüber das Bild der Rückseite der Sonne in Folge dieses in sich selbst zurückkehrenden Lichtstrahls erblicken müssten, muss nur angenommen werden, dass das Licht auf diesem ungeheuren Wege eine Absorption von 40 Grössenklassen erleidet. Eine andere Schwierigkeit der Vorstellung wird schon durch eine viel geringere Absorption behoben. Da nämlich jeder Lichtstrahl im elliptischen Raume wieder zu seinem Ausgangspunkte zurückkehrt, so würden auch alle durch unser Auge nach rückwärts gehenden Graden, die also Bilder von Punkten des Hinterkopfes, des Rückens etc. auf sich durch den Raum tragen würden, nach der »Wanderung um die Welt« dem Auge die Bilder der Rückseite seines Trägers bringen, und wenn wir uns einmal alle Objecte aus der Welt denken, würde das Auge am Firmament nichts erblicken, als die Rückseite des Subjects auf eine Halbkugel ausgebreitet. Nehmen wir nun die Objecte hinzu, so erscheinen natürlich diese dem Auge auf dem direkten Wege und verdecken die Punkte der Rückseite, deren Lichtstrahlen von ihnen abgefangen werden, alle von Objecten leer gelassenen Stellen des Gesichtskreises aber würden die Rückseite des Subjects zeigen — oder die eines andern Subjects oder Objects, welche vor 8000 Jahren dieselbe Stelle im Raum eingenommen haben, wenn diese nicht vielleicht damals leer war, da unser Träger, die Erde, sich natürlich ganz wo anders befand.

Ausser der euklidischen Raumvorstellung mit $R = \infty$ kommen also für die Vorstellung des Universums noch entweder ein pseudosphärischer Raum mit $iR > 4$ Millionen Erdbahnradien, oder ein elliptischer Raum mit $R > 100$ Millionen Erdbahnradien in Betracht, wenn man bei letzterem noch eine Lichtabsorption bei einem Umlauf um den Raum auf den 10^{16}. Theil des Ausgangswerthes annimmt.

Eine gleichförmige Vertheilung durchschnittlich gleichheller Sterne durch den euklidischen Raum würde bekanntlich die Sternzahlen bis zu den successiven Grössenklassen in constantem Verhältnis 3·982 zunehmen lassen. Im elliptischen Raume würde sie die Sternzahlen der schwächeren Klassen in weit stärkerem Maasse wachsen lassen, im pseudosphärischen Raum würde dagegen bei gleichförmiger Sternvertheilung die Sternzahl langsamer mit der Grösse zunehmen, als im euklidischen. Nun nimmt thatsächlich, wie die SEELIGER'schen Untersuchungen zeigen, die Sternzahl für die *BD*-Sterne langsamer zu, als es gleichförmige Vertheilung folgern würde. Daraus einen Vorzug für die Annahme eines hyperbolischen Raumes zu folgern, wäre natürlich durchaus verfrüht, weil die Hypothese gleichförmiger Vertheilung der Sterne und durchschnittlich gleicher Helligkeit für dieselben gewiss ganz willkürlich ist.

Es bleibt also die Bezeichnung eines »Märchenlandes«, die SCHWARZSCHILD für die beiden besprochenen Raumformen anwendet, kennzeichnend für die Stellung, die die Erfahrung gegenüber denselben einnimmt. Beide sind ebenso möglich als der euklidische Raum und die geringen Entfernungen, bis zu welchen die messende Astronomie in den Weltraum vorgedrungen ist, zeigen für keine der drei Raumformen bisher einen Widerspruch. F. RISTENPART.

Verticalkreis. Ausser den Höhenkreisen (s. d. Artikel »Universalinstrument«) hatte man früher zur genaueren Bestimmung von Zenithdistanzen Instrumente, welche sich von jenen nur durch genauere Ausführung und grössere Stabilität unterschieden. Solche Instrumente waren die Verticalkreise. Sie waren gleich diesen auf verticalen Axen angebrachte Instrumente, die ebenso noch eine Drehung um diese Verticalaxe gestatteten, deren Grösse gleichfalls an einem kleinen Einstellkreise mittels Nonien abgelesen werden konnte. Ein solcher Verticalkreis älterer Construction ist in Fig. 479 abgebildet. Die Azimuthalaxe *E* endigt an beiden Seiten in Zapfen, welche in Lagern eingebettet sind, die durch entsprechende Rectificationsschrauben behufs Verticalstellung eine Verschiebung der Axe am oberen Ende in zwei aufeinander senkrechten Richtungen gestatten. Die Verticalstellung wird durch das Niveau *V* controllirt. Zur Einstellung im Azimuthe dient ein Einstellkreis *Q*.



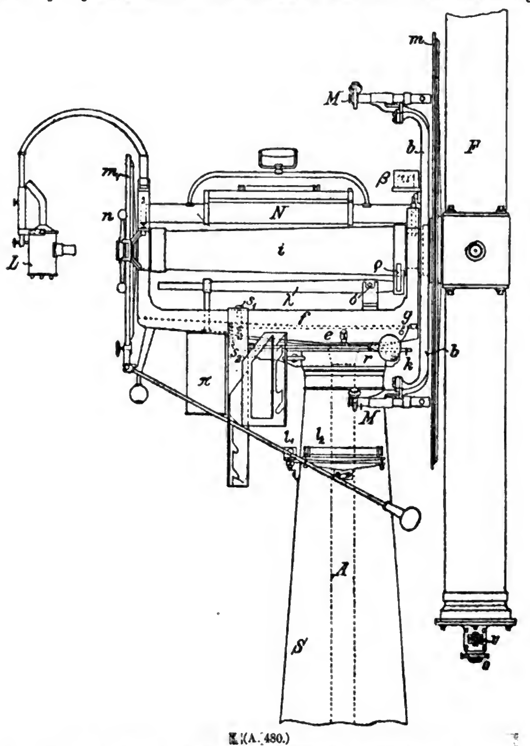
(A. 479.)
Nach AMBRONN, »Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde«.

Die Verticalaxe trägt die hohle Büchse *u*, mit welcher der fein getheilte Kreis *G* fest verbunden ist. In der Büchse bewegt sich die Höhenaxe *s*, an welcher das Fernrohr *O* und der mit demselben verbundene Nonienkreis *H* fest aufgesetzt sind. Das Gewicht des Instrumentes ruht zum grössten Theil auf den Rollen *m*, *m'*, welche durch entsprechende Hebelwerke *I*, *J* und Gegengewichte zur Entlastung der Axe wirken.

Bei den späteren Verticalkreisen wurde die doppelte Lagerung der Azimuthalaxe ebenfalls durch eine einfache Lagerung in einer verticalen Säule ersetzt. Ein Beispiel dieser Einrichtung giebt die Fig. 480, welche den ERTEL-schen Verticalkreis der Sternwarte Pulkowa darstellt.

Die Azimuthalaxe *A* ist in der Säule *S* gelagert, und von unten durch entsprechende, in Hebeln wirkende Gegengewichte nach oben gedrückt, so dass die Drehung des Instrumentes im Azimuth, in Folge der Entlastung der Axe in ihrem Lager, ohne Schwierigkeit vorgenommen werden kann. Die Säule *S* ruht auf drei Füssen, und kann die Verticalstellung mit Hilfe der beiden Libellen l_1 und l_2 bewerkstelligt werden.

Die Azimuthalaxe A trägt auf einer massiven Platte e die Wiege f mit den Lagern g für die Höhenaxe i, welche mittels des Niveaus N und der Stellschrauben s_1, s_2 senkrecht zur Azimuthalaxe und durch Verticalstellung dieser



(A. 480.)

Nach Ambronn, »Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde«.

horizontal gestellt werden kann. An den Lagern g sind die Mikroscopträger b mit den Mikroscopen M und auf der entgegengesetzten Seite die Nonien für den Aufsuchkreis m_1 und an einem Metallbügel die Beleuchtungslampe L angebracht, welche das Licht durch eine Bohrung der Axe i sendet.

Die Höhenaxe i ruht mit dem grössten Theil des Instrumentengewichtes auf Rollen ρ und wird durch das an dem längeren Hebelarme des Hebels λ' wirkende Gewicht π äquilibrirt. An der Axe i ist das Fernrohr F, der fein getheilte Kreis m und der Aufsuchkreis m_1 befestigt.

Die Stellung des Mikroscopträgers wird durch die Alhidadenlibelle β controllirt, bezw. durch die Ablesung an derselben auf eine Normalstellung reducirt.

Das Instrument ist, wie schon erwähnt, nichts anderes als ein Höhenkreis, bei welchem auf die Ablesung der Höhen eine besondere Sorgfalt aufgewendet

wird. Es kann daher, bezüglich der Theorie desselben, auf das in dem Artikel »Universalinstrument« Gesagte verwiesen werden.

Durch Weglassung des Horizontalkreises und Aufhebung der Beweglichkeit im Horizonte erhält man ein in einer einzigen Verticalebene bewegliches Instrument, also den älteren Mauerkreis und ferner die neuen aus diesem hervorgegangenen Meridiankreise (s. diesen). N. Herz.

Zeit, Zeitbestimmung. 1) Zeitmessung, Sternzeit, wahre, mittlere Sonnenzeit. Astronomische Beobachtungen erfordern als eines der wichtigsten Bestimmungsstücke die Angabe des absoluten Zeitmomentes, zu welchem sie angestellt sind. In gewissen Beobachtungen ersetzt dieser Zeitmoment direkt die Beobachtung einer Coordinate, indem die gegenseitige Lage der Gestirne an der Himmelskugel durch die Differenz der Zwischenzeiten an einem festen Instrumente gegeben sind (Passagen an festen Instrumenten oder an Mikrometern). In anderen Fällen sind die Beobachtungen, z. B. Messung von Distanzen oder Positionswinkeln beweglicher Gestirne, ja selbst Beobachtungen von physischen Veränderungen auf den Oberflächen der Gestirne werthlos weil unvergleichbar, wenn nicht der Moment jeder Beobachtung und damit die chronologische Reihenfolge derselben festgelegt wird.

Eigentlich handelt es sich dabei um die Vergleichung der Reihenfolge von verschiedenen Beobachtungen mit einer als Standard angenommenen, z. B. periodisch wiederkehrenden und stets leicht wieder aufzufindenden Reihenfolge von Erscheinungen. Ob es sich nun um die Abzählung der Anzahl Abläufe einer periodisch nach jedem Ablaufe sich umdrehenden Sand- oder Wasseruhr, oder die Schwingungen eines Pendels oder einer Unruhe handelt: jede dieser Einrichtungen eignet sich gleich gut zur Zeitmessung, wenn die Bedingungen erfüllt sind, dass die Erscheinungen periodisch und gleichmässig verlaufen, leicht zu zählen sind, und an verschiedenen ähnlichen Instrumenten vergleichbar sind.

Unter allen periodisch wiederkehrenden, regelmässig verlaufenden Erscheinungen ist es vorzugsweise eine, welche die genannten Bedingungen am vollständigsten erfüllt und sich daher seit den ältesten Zeiten naturgemäss als Maass der Zeit dargeboten hat: der regelmässige Wechsel von Tag und Nacht, sowie von Sommer und Winter. Die Ungleichheit der Tages- und Nachtlänge hat aber frühzeitig daraufgeführt, zu vergleichbaren Maassbestimmungen die Länge von Tag und Nacht zusammen *(Nychthemeren)*, d. i. von Sonnenuntergang bis Sonnenuntergang oder von Mitternacht zu Mitternacht oder aber von Mittag bis Mittag als Zeiteinheit zu wählen. Für kleinere Unterabtheilungen findet man schon in den ältesten Zeiten eine Theilung in 12 oder 24 Thle., mitunter auch in 60 Thle., von denen sich die Eintheilung in 24 Stunden, deren jede in 60 Minuten *(minutae primae)* à 60 Secunden *(minutae secundae)* getheilt wird, später bleibend erhalten hat. Bis in das späte Mittelalter wurde die Theilung nach dem Sexagesimalsystem noch weiter geführt, und man theilte die Secunde noch in 60 *minutae tertiae*, weiter ebenso diese in 60 *minutae quartae* u. s. w., von denen der *minuta tertia* als Terzie noch heute zeitweise Erwähnung geschieht. Erst zu Kepler's Zeiten beginnt sich die Decimaltheilung der Secunde einzubürgern.

Die Zusammenfassung von mehreren Tagen zu Einheiten höherer Ordnung fand ebenfalls bis zu dieser Zeit nach dem Sexagesimalsystem statt, und man rechnete demzufolge mit 60^d, 3600^d als Einheiten höherer Ordnung. Doch war das Jahr mit seinen Unterabtheilungen in 12 Monate als Einheit höherer Ordnung, die dem allgemeinen Gebrauche entnommene, und daher nicht zu umgehende

Zusammenfassung, und mussten für den astronomischen Gebrauch die Jahre, Monate und Tage erst in *Sexagesimae* etc. umgewandelt werden.

Das Jahr bietet aber keine einheitliche Maassbestimmung, da dasselbe bei verschiedenen Völkern von verschiedener Länge angenommen wurde (vergl. den Artikel »Chronologie«); in allen Fällen muss daher die Jahreslänge durch die Anzahl der in demselben enthaltenen Tage ausgedrückt werden. In den wichtigsten älteren astronomischen Schriften findet man zumeist das ägyptische Jahr zu 365 Tagen und später das julianische Jahr zu 365·25 Tagen zu Grunde gelegt. Die Vergleichung der verschiedenen Zeitangaben geschieht jedoch am besten durch die Angabe der Tageszahl in der julianischen Periode (s. »Chronologie«).

Wenn sich sonach als Maasseinheit höherer Ordnung das Jahr nicht eignet, und dasselbe ausschliesslich den praktischen Bedürfnissen der Datirung entspricht, so bleibt als Normalmaass für die Zeit nur der Tag. Der periodischen Wiederkehr von Tag und Nacht entsprungen, hat man hierbei zunächst nur an die Umdrehung der Erde um ihre Axe in der ursprünglichen Auffassung zwischen zwei Sonnenuntergängen zu denken. Da aber bald die Verschiedenheit dieser Tageslänge auffallen musste, allerdings ursprünglich nur durch den Unterschied in dem Beginne des Tagesanfanges, der Verspätung in der ersten Hälfte, der Verfrühung in der zweiten Hälfte des Jahres, so war die ungleiche Länge dieses Tages, wenn sie sich auch der unmittelbaren Beobachtung entzog, nicht zu übersehen, und so wie es sich um genauere Zeitangaben handelte, namentlich aber um die regelmässige Theilung des Tages durch Instrumente (Uhren), welche den Verspätungen bezw. Verfrühungen des Sonnenunterganges nicht folgen konnten, musste der Tagesanfang auf einen anderen Zeitmoment verlegt werden, bei welchem diese Unregelmässigkeiten nicht hervortraten, und dieses war der stets gleichmässig wiederkehrende Durchgang der Sonne durch den Meridian. Die durch Sonnenbeobachtungen stets leicht zu erhaltende Zwischenzeit zwischen zwei gleichartigen (oberen) Culminationen der Sonne wird ein wahrer Sonnentag genannt.

Hiermit war jedoch nur eine der gröbsten Ungleichheiten in der Zeitmessung eliminirt; auch der wahre Sonnentag ist nicht constant. Die Zeitmessung ist ja eigentlich hierbei auf die Rotation der Erde um ihre Axe zurückgeführt, und es dient als Zeiteinheit die Zeit, welche die Erde zu einer vollen Umdrehung braucht. Eine solche Umdrehung, bei welcher irgend ein Halbmesser der Erde räumlich genau in dieselbe Richtung fällt, vollzieht sich aber nicht in einem Sonnentage, sondern, da die Richtung des Erdhalbmessers im Raume durch denjenigen Ort der Himmelskugel bestimmt ist, welchen dieser Halbmesser zwischen den Sternen trifft, in einer andern Zeit, nämlich in derjenigen, welche zwischen zwei gleichartigen (oberen) Culminationen eines und desselben Sternes verfliesst. Diese Zeit nennt man einen Sterntag. Die in Stunden (24 teln des Sterntages) Minuten und Secunden ausgedrückte Zeit (z. B. von der Culmination eines bestimmten Punktes der Himmelskugel an gerechnet) heisst die Sternzeit; und demnach spricht man auch von Sternzeitstunden u. s. w.

Es mag an dieser Stelle kurz bemerkt werden, dass auch der Sterntag keine constante Grösse ist, sondern durch mechanische Einflüsse (die Flutwelle), die Contraction der Erdrinde, Niederschläge von kosmischem Staub u. s. w., vergl. den Art. »Mechanik des Himmels«, die Tageslänge etwas veränderlich sein kann; ob die Secularacceleration des Mondes diesen oder anderen Umständen zuzuschreiben ist, ist bisher noch nicht mit Sicherheit entschieden.

Die Verschiedenheit von Sterntag und Sonnentag rührt davon her, dass sich die Sonne in Folge der Revolution der Erde um dieselbe, zwischen den Gestirnen fortzubewegen scheint; da diese Bewegung von West nach Ost vor sich geht, während die tägliche Drehung des Fixsternhimmels in der entgegengesetzten Richtung, von Ost nach West stattfindet, so wird die Sonne nach einer vollen Umdrehung der Erde um ihre Axe, zwischen den Sternen etwas weiter gerückt sein und erst einige Zeit später culminiren, als derjenige Punkt (Stern). bei welchem sie während ihrer vorhergehenden gleichartigen Culmination stand: der Sonnentag ist etwas länger als der Sterntag.

Da die Sonne nach einem Jahre wieder zu demselben Punkte zurückkehrt, so wird sie jeden Tag um den 365·25ten Theil des ganzen Umkreises, also nahe 1°, d. i. 4^m täglich, später culminiren, was dadurch in die Erscheinung tritt, dass scheinbar die Fixsterne um diesen Betrag täglich früher culminiren. Man nennt diese Erscheinung die Acceleration der Fixsterne.

Der Betrag von 4^m ist nur eine Näherung. Zu einem genauen Werthe gelangt man auf folgende Weise: Die Sonne gelangt nach 365·256358 Sonnentagen wieder in dieselbe Position zu den Fixsternen (siderisches Jahr), während welcher Zeit aber die Erde genau um eine Rotation mehr um ihre Axe, d. h. 366·256358 Rotationen gemacht hat. Eigentlich wäre daher das Verhältniss

Länge des Sonnentags: Länge des Sterntags = 366·256358: 365·256358.

Im Grunde wäre es gleichgültig, welchen Stern man hierbei als Zeitmesser gebraucht; für den Anfang des Sterntags müsste aber ein ganz bestimmter Stern gewählt werden, so dass der Sterntag stets und überall mit der Culmination dieses Sternes beginnen würde. Unter allen Punkten an der Himmelskugel ist nun ein besonderer, der in vielen Hinsichten eine bevorzugte Stellung einnimmt, nämlich der Frühlingspunkt, und es lag daher nahe, diesen als Anfangspunkt der Zählung zu wählen, so dass der Sterntag mit der Culmination des Frühlingspunktes beginnt. Dass hierdurch der Einfluss der Eigenbewegung der Fixsterne auf die Tageszählung wegfällt, kann kaum als Vortheil betrachtet werden, da sich selbst in historischen Zeiträumen in dieser Richtung keine Abweichungen ergeben würden. Hingegen hat diese Zählung mancherlei Nachtheile, welche von dem Einfluss der Nutation herrühren, worüber später noch Einiges gesagt wird.

Zählt man nun aber den Sterntag von der Culmination des Frühlingspunktes, so dass 0^h Sternzeit zur Zeit der Culmination, 1^h, 2^h, 3^h . . . Sternzeit ist, wenn der Stundenwinkel des Frühlingspunktes 1^h, 2^h, 3^h . . . beträgt, so ist der Einfluss der Präcession nicht zu übersehen. Das Zusammenfallen der Culmination der Sonne mit der Culmination des Frühlingspunktes findet (allerdings alljährlich nur für einen bestimmten Ort der Erde, s. den Artikel »Ort«) in Zwischenzeiten statt, welche gleich sind dem tropischen Jahr; daher sind

$$365{\cdot}242201 \text{ Sonnentage} = 366{\cdot}242201 \text{ Sterntage} \qquad (1)$$

Die Bewegung der Sonne zwischen den Sternen ist aber nicht gleichmässig; sie ist schneller im Winter, langsamer im Sommer; sie findet ausserdem in der Ekliptik und nicht im Aequator statt, und eine selbst gleichförmige Bewegung in der Ekliptik würde sich nicht als gleichmässig auf den Aequator projiciren; die Intervalle zwischen zwei aufeinander folgenden gleichartigen Culminationen von einander gleichen Intervallen in der Ekliptik werden demnach nicht gleich lang sein, und umso länger, je grösser die Deklination des betrachteten Punktes ist. Um auf ein gleichförmiges Maass zu kommen, muss daher an die Stelle der ungleichförmigen Bewegung der Sonne eine gleichförmige substituirt werden,

so dass der Zeitraum zwischen zwei Durchgängen der Sonne durch den Frühlingspunkt dieselbe ist (366·242201 Sterntage), dieses Intervall aber durch eine der wirklichen Anzahl der Sonnentage (365·242201) gleiche Anzahl von einander völlig gleich langen Tagen dargestellt wird. Man nimmt also eine in gleichmässiger Bewegung im Aequator sich bewegende fingirte, an Stelle der wahren Sonne zu setzende an und nennt sie die mittlere Sonne, und die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden gleichartigen Culminationen der wahren Sonne einen wahren Sonnentag, die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden gleichartigen Culminationen der mittleren Sonne den mittleren Sonnentag. Die Culminationszeit der wahren, bezw. mittleren Sonne wird als wahrer, bezw. mittlerer Mittag mit 0^h wahre, bezw. mittlere Zeit bezeichnet, und die in Stunden (den 24 ten Theil des Intervalles zwischen zwei aufeinanderfolgenden wahren, bezw. mittleren Mittagen), Minuten und Secunden ausgedrückte, seit der letzten oberen Culmination verflossenen Zeit die wahre Sonnenzeit, bezw. mittlere Sonnenzeit genannt.

Der Unterschied zwischen der wahren und mittleren Sonnenzeit heisst die Zeitgleichung.

II. Bürgerliche Zeit, Astronomische Zeit; Ortszeit, Weltzeit, Zonenzeit. In der bürgerlichen Zeitrechnung zählt man den Tag in zwei Abschnitten von 12^h oder 0^h Mittag bis Mitternacht, und ebenso von Mitternacht bis Mittag. Der Anfang des Tages wird in die Mitternacht verlegt, so dass ein Datum dem Zeitintervall von einer Mitternacht zur nächsten entspricht. Für astronomische Beobachtungen würde dies den Nachtheil haben, dass man um Mitternacht, um welche Zeit die meisten Beobachtungen fallen, das Datum wechseln müsste. Man ist daher übereingekommen, die Zählung mit dem Mittag zu beginnen, so dass der Datumwechsel auf diesen fällt, und zwar so, dass jedes Datum um einen halben Tag später beginnt. Ueberdies aber wird die Zeit fortlaufend von 0^h bis 24^h gezählt. Es ist demnach

$0^h - 12^h$ astronomisch $= 0^h - 12^h$ $NM(p \cdot m)$ bürgerlich; Datum identisch,
$12^h - 24^h$ astronomisch $= 0^h - 12^h$ $VM(a \cdot m)$ bürgerlich; astronomisches Datum um 1 kleiner als das bürgerliche Datum, z. B.

Febr. 8, $7^h\,25^m\,18$ astr. = Febr. 8, $7^h\,25^m\,18^s$ *NM* (Abends) bürgerlich.
Febr. 8, $18^h\,14^m\,38$ astr. = Febr. 9, $6^h\,14^m\,38^s$ *VM* (Morgens) bürgerlich.

Die Culminationszeit der wahren oder mittleren Sonne, eines Sternes oder des Frühlingspunktes gilt natürlich nur für einen Beobachtungsort, und man erhält demnach den wahren oder mittleren Mittag oder 0^h Sternzeit des Beobachtungsortes, d. h. Ortszeit. Die Ortszeiten verschiedener Orte sind von einander verschieden und zwar um den Längenunterschied, ausgedrückt im Zeitmaasse. Ist θ_o die Ortszeit eines östlich gelegenen Punktes, θ_w die Ortszeit des westlich gelegenen, λ der Längenunterschied, ausgedrückt im Zeitmasse (also $\frac{1}{15}$ des im Gradmaasse ausgedrückten), so ist

$$\lambda = \theta_o - \theta_w,$$

$$\theta_o = \theta_w + \lambda; \quad \theta_w = \theta_o - \lambda. \tag{2}$$

Zu beachten ist, dass die Längenunterschiede für die Verwandlung von Sternzeiten in Sternzeit, bei Verwandlungen von mittleren Zeiten in mittlere Zeit durch dieselbe Zahl λ ausgedrückt erscheinen, da sich der Längenunterschied von 24^h Sternzeit auf 360° vertheilt, ebenso aber auch der Längenunterschied von 24^h mittlerer Zeit.

Diese Beziehungen werden wichtig, wenn man aus den Astronomischen Ephemeriden (Berliner Astronomisches Jahrbuch, Greenwicher oder Washingtoner Nautical-Almanac, Pariser Connaissance des temps) gewisse Grössen (Sternörter, Monddistanzen etc.) für bestimmte Zeiten irgend eines Beobachtungsortes zu entnehmen hat. Die aufgenommenen, mit der Zeit veränderlichen Grössen sind meist tabulirt für den mittleren Mittag (mitunter auch für den wahren Mittag) der Ephemeride. Um nun die gesuchte Grösse für eine gewisse Zeit θ eines Beobachtungsortes zu finden, dessen Längenunterschied λ gegen den Meridian der Ephemeride (Berlin, Greenwich, Paris, Washington) ist, hat man die Zeit θ durch Anbringung des Längenunterschiedes in Ortszeit der Ephemeride (Berliner, Greenwicher Zeit etc.) zu verwandeln. Wird der Längenunterschied λ positiv gezählt, wenn der Beobachtungsort westlich von dem Meridian der Ephemeride liegt, so wird der Ortszeit θ des Beobachtungsortes die Zeit der Ephemeride $\theta + \lambda$ entsprechen, und die für diese Zeit der Ephemeride entnommene Zahl ist für die Ortszeit θ des Beobachtungsortes gültig. Beispiele werden sich im Folgenden ergeben.

Diese Rechnungen würden wesentlich vereinfacht werden, wenn auf die Ortszeit verzichtet würde, und jede Uhr durch Anbringung des Längenunterschiedes sofort auf den Meridian einer Ephemeride reducirt würde. Die z. B. nach Greenwicher Zeit gestellten Uhren gäben dann an jedem Ort der Erde die Zeit des Normalmeridians, die sogen. Weltzeit. Mancherlei Uebelstände, welche bei einer solchen Unification unvermeidlich sind, namentlich der Umstand, dass 0 Uhr Weltzeit auf die verschiedensten Tageszeiten fallen könnte, brachten es mit sich, an Stelle der Weltzeit eine andere zu substituiren, welche von der Weltzeit um eine ganze Anzahl von Stunden differirt, daher leicht auf dieselbe reducirt werden kann, sich dabei aber der Ortszeit möglichst nahe anschliesst, die sogen. Zonenzeit. Für alle Orte, die etwa eine halbe Stunde Längendifferenz beiderseits vom Normalmeridian (Greenwich) haben, gilt die Zeit des Normalmeridians (Westeuropäische Zeit); für alle zwischen einer halben Stunde und $1\frac{1}{2}$ Stunden Längendifferenz liegenden gilt die um 1^h vermehrte Zeit des Normalmeridians (Mitteleuropäische Zeit); für diejenigen Orte, die nahe zwischen $1\frac{1}{2}$ und $2\frac{1}{2}$ Stunden Längendifferenz gegen Greenwich haben, gilt die um 2 Stunden vermehrte Greenwicher Zeit (Osteuropäische Zeit). (Daraus folgt, dass *WEZ* gleich der Zeit des Normalmeridians (Greenwich) ist, *MEZ* auf die Zeit der Ephemeride durch Anbringung der Reduction — 1^h verwandelt wird; *OEZ* endlich durch Anbringung der Correction — 2^h. Unbequemlichkeiten gegen die bürgerliche Zählweise können dabei nicht entstehen, da die Unterschiede zwischen Ortszeit und Zonenzeit höchstens eine halbe Stunde erreichen können.

Schreitet man nun nach Osten weiter, so wird die Weltzeit dieselbe bleiben, aber die Zonenzeit fortschreitend um 1^h, 2^h, die Ortszeit sucessive, grösser werden. Nach Umschreiten der ganzen Erde würde demnach die Ortszeit in den dem Normalmeridian nächst gelegenen Orten um nahe 24^h grösser, d. h. das Datum um 1 grösser sein. Umgekehrt würde beim Fortschreiten nach Westen in derselben Weise die Zonenzeit um 1^h, 2^h kleiner werden, und demnach schliesslich die dem Normalmeridian nächstgelegenen östlichen Punkte ein um 1 kleineres Datum haben. Schreitet man nach beiden Seiten fort, so wird man hierbei zu Orten gelangen, bei denen das Datum zu beiden Seiten, je nach der Richtung, in welcher man sich denselben nähert, oder ursprünglich genähert hat, eine Differenz von 1^d zeigen. Die Entdeckung der Inselwelt Polynesiens erfolgte meist gegen Westen hin (auf dem Wege über Amerika), während die an der Ostküste

Asiens gelegenen Inseln, der australische Continent mit den nächstgelegenen Inseln, also Borneo, Celebes, Neu-Guinea, Neu-Caledonien, Neu-Seeland auf dem Wege um die Südspitze von Afrika erreicht wurde. Die genannten Inseln hatten daher gegen die nächstgelegenen Philippinnen und allen von diesen östlich gelegenen ein um 1 verschiedenes Datum. Seit 31. December 1844[1]) wurde aber die Datumgrenze dahin rectificirt, dass sie nunmehr fast genau 180° von Greenwich verläuft; nur zwischen Asien und Amerika, an der Behringsstrasse biegt sie etwas nach Osten ab, um nicht innerhalb Asiens zu gehen, und ebenso geht sie östlich an den Fidschi-Inseln vorüber, die sie daher den westlichen Inselgruppen zugesellt.

III. Zeitgleichung. Der Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit rührt von der ungleichförmigen Bewegung der Sonne einerseits und von der Neigung der Sonnenbahn gegen den Aequator andererseits her. Um die ungleichförmige Bewegung der Sonne in der Ekliptik auf eine gleichförmige im Aequator zu reduciren, hat man zu beachten, dass die wahre und die mittlere Sonne gleichzeitig durch den Frühlingspunkt gehen, und wegen des gleichförmigen Fortschreitens der mittleren Sonne im Aequator wird, in der Zeit t, ausgedrückt in mittleren Sonnentagen, der Abstand der mittleren Sonne im Aequator vom Frühlingspunkt, d. i. die Rectascension der mittleren Sonne gleich Mt sein, wenn M der Weg ist, um welchen die Sonne sich in einem Sonnentage von dem instantanen Frühlingspunkt entfernt[2]). M ist daher die mittlere tropische Bewegung der Sonne in einem Sonnentage, daher Mt die mittlere Länge der Sonne, woraus folgt, dass

Die Rectascension der mittleren Sonne = mittlerer Länge der (wahren) Sonne.

Der wirkliche Abstand der wahren Sonne nach dieser Zeit t vom Frühlingspunkt ist aber ihre wahre Länge = L, und um den Unterschied zwischen der wahren Zeit und der mittleren Zeit zu finden, hat man die Zwischenzeit zwischen der Culmination der wahren und der mittleren Sonne zu suchen.

Die Zwischenzeit zwischen dem Momente der Culmination der mittleren Sonne und der Culmination des Frühlingspunktes ist durch ihre Rectascension

$$\theta_m = Mt \tag{3}$$

gegeben[3]). Ist M dabei, wie angenommen, die mittlere tropische Bewegung in einem mittleren Sonnentage, so ist θ_m bereits ein in mittlerer Zeit ausgedrücktes Intervall.

Um die Zeit der Culmination der wahren Sonne zu finden, hat man ihre Rectascension α zu dieser Zeit zu suchen. Man findet diese aus der wahren Länge L nach der Formel

$$tang\ \alpha = tang\ L\ cos\ \varepsilon, \tag{3a}$$

[1]) cfr. Jerolim Freiherr v. Benko, »Das Datum auf den Philippinen«, Wien 1890.

[2]) Bezüglich des Einflusses der Präcession, namentlich aber der Nutation vergl. das auf pag. 140 Gesagte. Hier mag noch erwähnt werden, dass man früher von einer »ersten mittleren Sonne«, sprach, welche sich gleichmässig in der Ekliptik bewegte, und einer »zweiten mittleren Sonne« die sich gleichmässig im Aequator bewegt, so dass die Rectascension der zweiten mittleren Sonne gleich wäre der Länge der ersten mittleren Sonne. Man findet auch heute noch häufig diese Ausdrucksweise, welche nach obigem jedoch völlig unnöthig ist, und den Gegenstand durchaus nicht klarer macht.

[3]) Eigentlich $\theta_m = M_0 + Mt$, wenn M_0 die mittlere Länge für die Epoche ist, welche aber hier, da t von dem Durchgange durch den Frühlingspunkt an gerechnet wird, gleich Null ist.

wenn ε die Schiefe der Ekliptik ist. Die Zeitgleichung ist dann, wenn α und Θ_m im Zeitmaasse (Stunden, Zeitminuten und Zeitsecunden) ausgedrückt werden:

$$Z = \alpha - \Theta_m, \tag{4}$$

der Zeitunterschied, um welchen die wahre Sonne später culminirt als die mittlere Sonne, (welcher Betrag auch negativ werden kann), ausgedrückt in mittlerer Zeit, wenn auch α mit der mittleren Bewegung der Sonne in einem mittleren Sonnentage gerechnet wird. Z ist nach (4) der westliche Stundenwinkel der mittleren Sonne zur Zeit des Meridianganges der wahren Sonne, d. h. die Zeitgleichung ist die mittlere Zeit im wahren Mittage.

Nach LE VERRIERS Sonnentafeln ist

$$L = Mt + 6918''{\cdot}37 \sin(Mt - \pi) + 72''{\cdot}52 \sin 2(Mt - \pi) + \\ + 1''{\cdot}05 \sin 3(Mt - \pi) + \ldots + \text{Störungsglieder}.$$

wobei π die Länge des Perihels der Erde bedeutet. Sucht man mit diesem Werthe von L nach (3a) den Ausdruck für α, so ergiebt sich eine Function von $\sin Mt$, $\cos Mt$, $\sin 2Mt$, $\cos 2Mt \ldots$, deren Coëfficienten von π abhängig sind. Als Function von Mt kann daher die Zeitgleichung mit dem Argumente t, d. i. von Tag zu Tag tabulirt werden. Sie ist aber selbstverständlich an demselben Tage verschiedener Jahre verschieden, und zwar 1) weil die mittlere Länge der Sonne für den Jahresanfang nicht für alle Jahre dieselbe ist, und 2) weil der Werth von π veränderlich ist. Genähert wird die Zeitgleichung für die einzelnen Daten aus der folgenden Tabelle entnommen werden können (der letzte des Monats unter der Rubrik 31. des Datums eingesetzt).

Datum	1	11	21	31
Januar	$+ 3^m 33^s$	$+ 7^m 57^s$	$+11^m 24^s$	$+13^m 37^s$
Februar	+13 45	+14 27	+13 53	+12 50
März	+12 39	+10 19	+ 7 29	+ 4 26
April	+ 4 7	+ 1 13	− 1 12	− 2 47
Mai	− 2 55	− 3 46	− 3 39	− 2 39
Juni	− 2 30	− 0 46	+ 1 22	+ 3 15
Juli	+ 3 27	+ 5 8	+ 6 8	+ 6 11
August	+ 6 8	+ 5 6	+ 3 8	+ 0 23
September	+ 0 4	− 3 15	− 6 45	− 9 50
Oktober	−10 10	−13 6	−15 13	−16 17
November	−16 20	−15 56	−14 9	−11 25
Dezember	−11 3	− 6 51	− 2 1	+ 2 55.

Die Zeitgleichung wird viermal im Jahre gleich Null, nämlich gegenwärtig am 15. April, 14. Juni, 1. September und 25. Dezember; sie erreicht vier Maxima (2 positive, 2 negative) und zwar gegenwärtig

die positiven Maxima: am 12. Februar $+ 14^m 27^s$ und am 26. Juli $+ 6^m 17^s$,
die negativen Maxima: am 15. Mai $- 3^m 50^s$ und am 3. November $- 16^m 22^s$.

Die Folge der Verschiedenheit der wahren und mittleren Zeit ist zunächst eine scheinbar ungleiche Länge des Vor- und Nachmittags, vorzugsweise zu gewissen Jahreszeiten.

Als Maass der Zeit kann nur die mittlere Zeit angesehen werden, da der Voraussetzung nach alle mittleren Sonnentage einander gleich sind. Der wahre Sonnentag wird nun zu Zeiten länger, zu Zeiten kürzer sein als dieser. Er wird am längsten, bezw. am kürzesten, wenn die Zeitgleichung sich am raschesten ändert; die Aenderung der Zeitgleichung hat ein positives Maximum am

23. December und zwar gleich 30^s; daher die Dauer des wahren Tages $24^h\,0^m\,30^s$. Ein negatives Maximum fällt Mitte September; der Betrag der Aenderung beträgt hier -21^s, daher die Dauer des wahren Tages nur $23^h\,59^m\,39^s$.

In der Praxis fällt dieser Unterschied nicht auf; merklich hingegen wird der zweite Einfluss. Da nämlich am 12. Februar die Zeitgleichung $+14^m\,27^s$ beträgt, so wird die wahre Zeit im mittleren Mittage gleich $0^h - Z = 11^h\,45\frac{1}{2}^m$. Die Culmination der wahren Sonne fällt daher schon in den Nachmittag, und diese (d. h. die Zeit vom mittleren Mittage bis zum Sonnenuntergange) ist um den doppelten Betrag der Zeitgleichung, d. i. um nahe eine halbe Stunde länger als der Vormittag. Am 3. November hingegen fällt die Culmination der wahren Sonne um $16^m\,22^s$ vor dem mittleren Mittage; der Vormittag ist in Folge dessen um mehr als eine halbe Stunde länger als der Nachmittag. Beide Perioden fallen in die Zeiten der kurzen Tagebögen der Sonne, so dass hierdurch der ohnedies kurze Nachmittag des November und December noch kürzer und zwar ersichtlich kürzer erscheint als der Vormittag, wie eben auch die scheinbar späten Sonnenaufgänge des Monates Februar und die gegenüber den kurzen Vormittagen auffallend längeren Nachmittage hierin ihren Grund haben.

IV. Zeitverwandlungen.

a) Mittlere und wahre Zeit. Da Z denjenigen Zeitunterschied bedeutet, um welchen die wahre Sonne später culminirt, als die mittlere Sonne, so wird auch die wahre Sonne jeden Stundenwinkel um diesen Zeitunterschied später erreichen als die mittlere Sonne; daher wird in einem gewissen absoluten Zeitmomente der Stundenwinkel der wahren Sonne um diesen Betrag kleiner sein als der Stundenwinkel der mittleren Sonne, d. h. es ist, wenn man mit W die wahre Zeit, mit M die mittlere Zeit bezeichnet:

$$M - W = Z$$

oder

$$M = W + Z; \quad W = M - Z. \tag{5}$$

Diese Formeln dienen zur Verwandlung der mittleren und wahren Zeit ineinander.

Die Zeitgleichung ist natürlich aus den Ephemeriden zu entnehmen, und zwar aus den benachbarten Ephemeridenwerthen zu interpoliren, wobei, wenn die äusserste Genauigkeit erreicht werden soll, auch auf die zweiten Differenzen Rücksicht genommen werden muss.

Beispiele.

1) 1901 März 6, $5^h\,32^m\,26^s{\cdot}46$ M. Z. Wien (k. k. militär-geographisches Institut, $\lambda = -11^m\,50^s$ gegen Berlin) ist in wahre Zeit zu verwandeln. Man erhält mit dem angegebenen Längenunterschied:

$5^h\,32^m\,26^s{\cdot}46$ M.Z. Wien $= 5^h\,20^m\,36^s$ M.Z. Berlin $=$ März 6·2226 M. Z. Berlin.

Nach dem Berliner astronom. Jahrbuch ist für den mittleren Mittag:

		Δ'	Δ''
1901 März 6:	$Z = +11^m\,34^s{\cdot}42$		
		$-14^s{\cdot}24$	
7:	$+11\quad 20{\cdot}18$		$-0^s{\cdot}40.$
		$-14{\cdot}64$	
8:	$+11\quad 5{\cdot}54$		

Da $n = +0{\cdot}2226$, $\dfrac{n(n-1)}{2} = -0{\cdot}0865$ ist, so folgt $n\Delta' = -3^s{\cdot}170$, $\dfrac{n(n-1)}{2}\Delta'' = +0^s{\cdot}034$ demnach die interpolirte Zeitgleichung für die gefundene Zeit der Ephemeride, d. i. der gegebenen M. Z. Wien:

$$Z = + 11^m\, 31^s{\cdot}28$$

Wien, mittl. Zeit: $M = 5^h\, 32^m\, 26^s{\cdot}46$

Wien, wahr. Zeit: $W = 5^h\, 20^m\, 55^s{\cdot}18$.

2) 1901 Februar 19, $3^h\, 7^m\, 36^s{\cdot}18$ W. Z. Wien ($\lambda = -11^m\, 50^s$) in mittlere Zeit zu verwandeln.

Das Berliner astronomische Jahrbuch giebt die Zeitgleichung für mittlere Zeit; um zu interpoliren, muss daher diese bekannt sein; man erhält leicht einen genügend genäherten Werth durch Anbringung eines ersten genäherten Werthes der Zeitgleichung; sollte der resultirende Werth vom Ausgangswerth sehr verschieden sein, so muss die Rechnung wiederholt werden. In diesem Falle ist:

Wahre Zeit Wien	$3^h\ 7^m 36^s{\cdot}18$
Genäherte Zeitgleichung	$+ 14\ \ 5$
Genäherte M. Z. Wien	$3^h\ 21^m 41^s$
$\lambda =$	$- 11\ \ 50$
Genäherte M. Z. Berlin	$3^h\ 9^m 51^s$ = Februar 19·1318.

Nach dem Berliner Jahrbuche ist für den mittleren Mittag:

		Δ'	Δ''
Februar 19:	$Z = + 14^m\ 5^s{\cdot}82$		
		$- 5^s{\cdot}82$	
20:	$+ 14\ \ 0{\cdot}00$		$- 0^s{\cdot}67$
		$- 6{\cdot}49$	
21:	$+ 13\ \ 53{\cdot}51$		
demnach interpolirt:	$Z = + 14^m\ 5^s{\cdot}09$		

und damit die mittlere Zeit $3^h\, 21^m\, 41^s{\cdot}27$.

b) Sternzeit und wahre Zeit. Da die wahre Zeit gleich ist dem Stundenwinkel der wahren Sonne, so ist, wenn $\alpha_\odot$ die Rectascensionen der Sonne zur Sternzeit θ bedeutet.

$$\theta = \alpha_\odot + W; \qquad W = \theta - \alpha_\odot. \tag{6}$$

Für den Fall, als die Ephemeriden die Rectascensionen der Sonne im wahren Mittage geben, wird daher die Rechnung von θ sehr einfach; ist θ gegeben, so ist allerdings auch hier wieder eine genäherte Kenntniss von W nöthig; weil dann $\alpha_\odot$ mit dem Argumente W erhalten werden kann; diese Verwandlungen kommen aber in der Praxis kaum vor, und sollte dies der Fall sein, so wird man besser thun, die Verwandlung mit Hilfe der mittleren Zeit vorzunehmen; nothwendig wäre dies auch in dem Falle, der jetzt fast ausschliesslich vorkommt, dass die Rectascensionen der Sonne für den mittleren Mittag gegeben sind.

c) Sternzeit und mittlere Zeit. Da 365·242201 mittlere Sonnentage = 366·242201 Sterntage sind, so ist

$$1 \text{ mittl. Sonnentag} = \frac{366{\cdot}242201}{365{\cdot}242201} \text{ Sterntage} = 1 \text{ Sterntag} + 3^m\, 56^s{\cdot}555 \text{ Sternzeit}$$

$$1^h \text{ mittlere Zeit} = (1^h + 9^s{\cdot}85648) \text{ Sternzeit}$$

$$1 \text{ Sterntag} = \frac{365{\cdot}242201}{366{\cdot}242201} \text{ mittl. Sonnentage} = 1 \text{ mittl. Sonnentag} - 3^m 55^s{\cdot}909 \text{ mittl. Z.}$$

$$1^h \text{ Sternzeit} = (1^h - 9^s{\cdot}82956) \text{ mittlere Zeit.}$$

Um diese Rechnung zu vereinfachen, hat man Hilfstafeln, welche direkt aus jedem in mittlerer Zeit gegebenen Intervall das zugehörige Sternzeitintervall geben, und umgekehrt; eine solche hier zu geben ist unnöthig, da sie sich in allen Ephemeridensammlungen, deren man zu diesem Zwecke hier ohnedies bedarf, findet. Um nämlich die Zeitangaben selbst (nicht bloss die Zeitintervalle) zu verwandeln, ist es noch nöthig die Sternzeit im mittleren Mittage zu kennen. Kennt man dieselbe für irgend einen mittleren Mittag, so ist dieselbe natürlich für jeden

folgenden durch Addition des Betrages von $3^m\,56^s\,555$ zu erhalten. Da nach HANSEN die mittlere Rectascension der Sonne für 1850 Januar 0, 0^h mittlere Pariser Zeit $18^h\,39^m\,9^s{\cdot}261$ war, so ist damit die Sternzeit im mittleren Mittage für alle Folgezeit gegeben. Aus der Aenderung in einem Tage oder noch besser der mittleren tropischen Bewegung in einem Jahre erhält man die Aenderung der Sternzeit im mittleren Mittage

für 365 Tage gleich $23^h\,59^m\,2^s{\cdot}706 = -\,57^s{\cdot}294$
für 366 Tage gleich $24^h\,2^m\,59^s{\cdot}261 = +\,2^m\,59^s{\cdot}261$

und für einen Zeitraum von 4 Jahren, in welchem ein Schaltjahr ist gleich $+\,7^s\,379$.

Diese Rechnung wird dadurch umgangen, dass die Ephemeridensammlungen die Sternzeit im mittleren Mittage für jeden Tag des Jahres geben. Der aufgenommene Werth $\theta_{0\cdot0}$ ist jedoch die Sternzeit im mittleren Mittage für den Meridian der Ephemeride. Für irgend einen anderen Meridian ist dieselbe natürlich eine andere. Da sie sich bei der Aenderung der Länge um 24^h (einen Tag) um den vollen Betrag von $3^m\,56^s{\cdot}555$ ändert, so ändert sie sich für jede Stunde Längenänderung um $\frac{236^s{\cdot}555}{24} = 9^s{\cdot}856$ und zwar wird für westlich gelegene Punkte die Sternzeit im mittleren Mittage grösser, weil die Sonne später culminirt. Es wird daher die Sternzeit im mittleren Mittage θ_0 für einen Ort, dessen Längenunterschied gegen den Meridian der Ephemeride λ ist, ausgedrückt in Stunden und positiv, wenn der Ort westlich liegt, gleich

$$\theta_0 = \theta_{0\cdot0} + 9^s{\cdot}856\,\lambda.$$

Das Berliner Astronom. Jahrbuch giebt diese Werthe in der Colonne »Correct. der Sternzeit« in dem Verzeichniss der »Coordinaten der Sternwarten«.

Zur Verwandlung von Sternzeit θ in mittlere Zeit ist zunächst $\theta - \theta_0$ das Sternzeitintervall seit dem vorhergehenden Mittage; dieses Intervall ist durch die Tafeln oder durch Subtraction von $9^s{\cdot}82956$ für jede Stunde in ein mittleres Zeitintervall zu verwandeln, wodurch man sofort das in mittlerer Zeit ausgedrückte Intervall seit dem vorhergehenden Mittage, also die mittlere Zeit erhält. Es ist daher

$$M = (\theta - \theta_0) - (\theta - \theta_0)_h\,9^s{\cdot}82956. \qquad (7\,a)$$

Umgekehrt, hat man mittlere Zeit M in Sternzeit zu verwandeln, so ergiebt sich zunächst für das seit dem vorhergehenden Mittage verflossene mittlere Zeitintervall M das zugehörige Sternzeit-Intervall gleich

$$M + M_h \cdot 9^s{\cdot}85648;$$

addirt man hierzu die Sternzeit θ_0 im vorhergehenden Mittage, so erhält man die gesuchte Sternzeit in dem gegebenen Moment, gleich

$$\theta = M + M_h \cdot 9^s{\cdot}85648 + \theta_0. \qquad (7\,b)$$

Beispiele.

1) Für Wien (Univ.-Sternwarte, $\lambda = -\,0^h\,11^m\,46^s{\cdot}58$) ist die mittlere Zeit März 19, $17^h\,4^m\,38^s{\cdot}45$ in Sternzeit zu verwandeln.

Für $\lambda = -\,11^m\,46^s{\cdot}58$ findet man (durch Rechnung oder aus dem Berliner Jahrbuche) die Correction der Sternzeit im mittleren Mittage $-\,1^s{\cdot}93$.

Die angegebene mittlere Zeit ist astronomisch; (bürgerlich gleich März 20, $5^h\,4^m\,38^s{\cdot}45$ Morgens) das Intervall seit dem vorhergehenden Mittage giebt, in ein Sternzeitintervall verwandelt,

Mittlere Zeit. Marz 19:	$17^h\ 4^m\ 38^s{\cdot}45$	
Reduct. auf Sternzeit	$+2\ \ 48{\cdot}32$	
Sternzeit im mittleren Wiener Mittage. März 19:	$23\ \ 45\ \ 10{\cdot}03$	[Sternzeit im mittleren Berl. Mittage März 19: $23^h\ 45^m\ 11^s{\cdot}96$; Reduction auf Wien $-1{\cdot}93$]
Sternzeit Wien	$16^h\ 52^m\ 36^s{\cdot}80$.	

2) Sternzeit. Januar 27: $8^h\ 14^m\ 27^s{\cdot}18$ Wien, Univ.-Sternwarte in mittlere Zeit zu verwandeln.

Sternzeit. Januar 27:	$8^h\ 14^m\ 27^s{\cdot}18$	
Sternzeit im mittleren Wiener Mittag. Januar 27:	$20\ \ 24\ \ 5{\cdot}79$	[Sternzeit im mittleren Berl. Mittage Januar 27: $20^h\ 24^m\ 7^s{\cdot}72$]
Sternzeitintervall	$11\ \ 50\ \ 21{\cdot}39$	
Reduction auf mittlere Zeit	$-1\ \ 56{\cdot}37$	
M. Z. Wien, Univ.-Sternwarte	$11^h\ 48^m\ 25^s{\cdot}02$.	

V. Zeitbestimmung. Von der durch die tägliche Umdrehung der Erde bestimmten Ortszeit (Sternzeit Θ, mittlere Zeit M) ist die durch die Uhren angegebene Uhrzeit u verschieden. Man nennt den Betrag x, welchen man zur Uhrzeit u hinzufügen muss, um die betreffende, richtige Ortszeit zu erhalten, die Uhrcorrection oder den Stand der Uhr (gegen Sternzeit oder gegen mittlere Zeit).

Ist x der Stand der Uhr gegen $\left\{\begin{matrix}\text{Sternzeit}\\ \text{mittl. Zeit}\end{matrix}\right\}$ so ist $\Theta = u + x$ die $\left\{\begin{matrix}\text{Sternzeit}\\ \text{mittl. Zeit}\end{matrix}\right\}$ in diesem Momente.

Ist x positiv, so ist die Uhr gegen die Ortszeit zurück; ist x negativ, so ist die Uhr der Ortszeit voran.

Der Stand der Uhr wird aber nicht constant bleiben, sondern sich von Tag zu Tag ändern. Ist x der Stand der Uhr an einem gegebenen Tage, $x + \Delta x$ am nächstfolgenden Tage um dieselbe Zeit, so nennt man Δx den Gang der Uhr in 24^h. Um denselben aus den Beobachtungen zu verschiedenen Zeiten abzuleiten, sei x der Stand der Uhr zur Uhrzeit u an einem gegebenen Tage, x' der Stand der Uhr zur Uhrzeit u' an einem um d Tage späteren Datum, dann ist

$$\Delta x = \frac{x' - x}{d + u' - u}$$

der Gang der Uhr in der Zwischenzeit. Der Gang der Uhr ist positiv, wenn die Uhr zurückbleibt, er ist negativ, wenn die Uhr voraneilt.

Man berechnet den Gang stets für 24^h Uhrzeit, da man den Uhrstand doch stets für eine gegebene Uhrzeit zu interpoliren hat.

Man erhält hieraus einen mittleren Gang der Uhr in der Zwischenzeit; die Erfahrung hat aber gezeigt, dass der Gang der Uhr durch äussere, meteorologische Einflüsse (Temperatur, Luftdruck, Feuchtigkeit) Veränderungen unterworfen ist, und man hätte demnach den Gang in möglichst kurzen Intervallen zu bestimmen. Dieses scheitert aber an dem Umstande, dass für zu kurze Intervalle der Nenner zu klein wird, daher Fehler in der Bestimmung des Uhrstandes einen zu merklichen Einfluss auf den Uhrgang haben. Bei einer längeren Reihe von Beobachtungen (z. B. am Passageninstrumente oder Meridiankreise) gelingt es häufig, den Uhrgang selbst mit zu bestimmen. In diesem Falle erhält man dann den für diese Beobachtungen geltenden Uhrgang.

Die Bestimmung der Zeit, Zeitbestimmung, erfordert daher die Aufsuchung der wahren oder mittleren Zeit oder der Sternzeit zu einer gegebenen

Uhrzeit, d. i. des Stundenwinkels eines Gestirnes, dessen Rectascension bekannt ist. Man kann hierzu Beobachtungen im Meridian (Stundenwinkel gleich Null) anstellen, oder ausserhalb des Meridians, in welchem Falle der Stundenwinkel aus Durchgängen im Azimuthe oder aus Zenithdistanzmessungen berechnet werden kann. Zu bemerken ist noch, dass man den Stundenwinkel des wahren Frühlingspunktes sucht, in welchem Falle natürlich für die Rectascension der Gestirne deren wahre, mit Präcession und Nutation behafteten Orte zu verwenden sind. Allein die Nutation bewirkt, dass der Frühlingspunkt keine streng gleichförmige Bewegung hat und demzufolge das Intervall, an einer wirklich gleichförmig verlaufenden Bewegung gemessen, zwischen zwei Durchgängen des Frühlingspunktes nicht genau constant ist, sondern kleinen Schwankungen unterliegt. Der Gang der Uhren ist ein allerdings noch weniger gleichmässiger; vorausgesetzt aber, dass man völlig gleichmässig gehende Uhren herstellen könnte, so würden diese einen ungleichmässigen Gang zeigen, der aber nicht dem Gang der Uhr, sondern der Bewegung des Frühlingspunktes zufällt. Um ein Maass für den Stand und Gang von vollkommen gleichmässig gehenden Uhren zu erhalten, wäre es daher besser, die mittleren Rectascensionen der Sterne für das gegebene Datum zur Ableitung des Uhrstandes aus dem Stundenwinkel zu verwenden. Praktisch allerdings ist dieser Unterschied völlig belanglos, und die Verwendung der scheinbaren Sternörter erweist sich aus dem Grunde praktischer, weil man nebst den mittleren Sternörtern für den Jahresanfang die scheinbaren (nicht aber die mittleren) Oerter, namentlich aber die scheinbaren Deklinationen für die verschiedenen Daten braucht, da z. B. gemessene Zenithdistanzen nur mit diesen reducirt werden können.

Im folgenden sollen nun die wichtigsten Methoden der Zeitbestimmung kurz besprochen werden.

A. Zeitbestimmung aus den beobachteten Meridiandurchgängen der Sterne. Die vorzüglichste und in der astronomischen Praxis am häufigsten angewendete Methode der Zeitbestimmung ist diejenige durch die Beobachtung der Meridiandurchgänge der Gestirne. Da die Sternzeit der Beobachtung eines Gestirnes im Meridian gleich seiner Rectascension ist, so erhält man

$$u + x = \alpha; \quad x = \alpha - u,$$

wenn x der Stand der Uhr gegen Sternzeit ist; dies gilt, wenn man es mit fehlerfrei aufgestellten Instrumenten zu thun hat. Die hierzu dienenden Instrumente sind das Passageninstrument im Meridian und der Meridiankreis. Da nicht nur die Beschreibung dieser Instrumente, sondern auch die Methoden der Reduction der Zeitbestimmungen (Berücksichtigung der Instrumentalfehler) in diesen beiden Artikeln in aller Ausführlichkeit besprochen wurden, so wird es genügen, an dieser Stelle auf das dort Gesagte hinzuweisen.

B. Bestimmung der Zeit aus einer beobachteten Zenithdistanz. Die Beobachtung der Zenithdistanz z eines Sternes, dessen Rectascension α und Deklination δ sind, an einem Orte, dessen Polhöhe φ ist, ergiebt den Stundenwinkel des Sternes aus der Formel

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin\varphi \, \sin\delta}{\cos\varphi \, \cos\delta} \tag{1}$$

und daraus die Sternzeit θ nach

$$\theta = t + \alpha.$$

Demnach ist, wenn u die Uhrzeit einer nach Sternzeit gehenden Uhr, also $u + x = \theta$ ist, der Uhrstand

$$x = t + \alpha - u. \tag{1a}$$

Ist bei einer nach mittlerer Zeit gehenden Uhr die Uhrzeit u_m, so hat man die Sternzeit θ in mittlere Zeit M zu verwandeln und erhält dann, da $u_m + x = M$ sein muss

$$x = M - u_m.$$

Aus der Formel (1) leitet man auf einfache Weise (durch Bildung der Ausdrücke $1 - \cos t$ und $1 + \cos t$ und Division derselben) die für den logarithmischen Gebrauch bequemere Formel ab:

$$\tang^2 \tfrac{1}{2} t = \frac{\sin(s - \varphi) \sin(s - \delta)}{\cos s \cos(s - z)} \tag{2}$$

wobei

$$s = \tfrac{1}{2}(\varphi + \delta + z)$$

ist. Diese Gleichung hat allerdings den Uebelstand, dass sie das Zeichen von t unbestimmt lässt; ein Zweifel kann jedoch nicht entstehen, da man jederzeit aus der Beobachtung selbst entnehmen wird, ob dieselbe auf der Ostseite oder Westseite des Meridians angestellt ist.

Es ist nicht gleichgültig, in welchem Punkte des Parallels der Stern beobachtet wird. Im Artikel »Polhöhenbestimmung« (III. Bd. 1. Hälfte, pag. 442) war die Formel abgeleitet:

$$dz = \cos a \, d\varphi - \cos q \, d\delta + \sin a \cos\varphi \, dt,$$

wobei noch a das Azimuth und q den parallaktischen Winkel des Sternes bedeuten. Aus dieser Gleichung findet man, dass der Einfluss eines Fehlers in der Zenithdistanz auf die Polhöhe $d\varphi = \sec a \, dz$ am geringsten wird im Azimuthe $a = 0$, d. h. im Meridian. Für die Bestimmung der Zeit hat man den Einfluss von Fehlern der Beobachtung auf den Stundenwinkel zu suchen. Es wird aber aus derselben Formel gefunden:

$$dt = \frac{dz}{\sin a \cos\varphi} - \frac{d\varphi}{\tang a \cos\varphi} + \frac{\cos q}{\sin a \cos\varphi} d\delta \tag{3}$$

Für eine gegebene Polhöhe wird daher ein Fehler der Zenithdistanzmessung und ebenso auch ein Fehler in der angenommenen Polhöhe von umso geringerem Einfluss auf die Zeitbestimmung, je grösser die Nenner $\sin a \cos\varphi$ und $\tang a \cos\varphi$ sind, was für $a = 90°$ eintritt. Für die Zeitbestimmung hat man daher die Zenithdistanzmessungen möglichst nahe dem ersten Vertical anzustellen. Je weiter weg vom ersten Vertical beobachtet wird, desto merklicher wird der Einfluss eines Fehlers der Zenithdistanz; in der Nähe des Meridians selbst würde die Messung der Zenithdistanzen für die Zeitbestimmung unbrauchbar.

Bezüglich der Wahl der Sterne ist zu beachten, dass Zenithnahe Sterne sehr kurze Zeit nach ihrem Meridiandurchgange in den ersten Vertical kommen, und daher für die Zeitbestimmung nicht verwendbar sind. Bei diesen Bestimmungen wird man sich daher in der Nähe des ersten Verticales, aber ziemlich weit weg vom Zenith halten müssen und daher Sterne von mässigen Deklinationen wählen[1]).

---

[1]) Man findet gewöhnlich die folgende Ableitung. Der Coëfficient von dz in der Formel (3) lässt sich auch schreiben: $\sin a \cos\varphi = \cos\delta \sin q$, demnach ist mit alleiniger Berücksichtigung des von dz abhängigen Gliedes:

$$dt = \frac{dz}{\cos\delta \sin q}$$

und man hätte, um den Einfluss von dz auf dt möglichst zu vermindern, $\cos\delta$ möglichst gross daher δ möglichst klein zu wählen. Diese Ableitung ist nicht richtig; denn da φ constant ist, so wird in Folge der Gleichung $\sin a \cos\varphi = \cos\delta \sin q$ für verschiedene Sterne im selben Azimuth a der Werth von q gleichzeitig mit δ zunehmen, und zwar so, dass eben $\cos\delta \sin q$ im

Unter eine gewisse Grenze herabzugehen ist aber hier ebenfalls nicht möglich; wählt man δ nahe 0, also Aequatorsterne, so werden dieselben im ersten Vertical zu nahe dem Horizonte stehen, wo der Einfluss der Refraction die möglichen Fehler bedeutend erhöht. Sterne von $\delta = 20°$, $25°$, $30°$, $35°$ haben für die Polhöhe von Mitteleuropa (z. B. für $\varphi = 48°$) die Zenithdistanzen im ersten Vertical etwa 62°, 55°, 48°, 40°, können also noch recht wohl verwendet werden. Beobachtet man in der Nähe des ersten Verticales vor dem Durchgange des Sternes durch denselben (Azimuth $< 90°$), so wird die Zenithdistanz noch grösser, und man kann selbst Sterne wählen, deren Deklination $< 20°$ ist, ohne dass damit jedoch ein wesentlicher Vortheil verbunden ist. Man hat immer darauf zu sehen, dass die Zenithdistanzen möglichst sicher bestimmt werden können (Vermeidung der Beobachtungen in allzu grosser Nähe des Horizontes) und man sich nicht allzu weit vom ersten Vertical entfernt (Vermeidung von Sternen zu nahe dem Zenith). Im allgemeinen werden Zenithdistanzen zwischen 40 und 60° in den Azimuthen von etwa 70° bis 110° als die zur Bestimmung der Zeit günstigsten Beobachtungen zu betrachten sein.

Formel (3) zeigt übrigens, dass die Bestimmung der Zeit aus beobachteten Zenithdistanzen in hohen Breiten nicht zu empfehlen ist; wird nämlich φ sehr gross, so wird jeder Fehler der gemessenen Zenithdistanz sowohl als auch der Sterncoordinaten bedeutend vergrössert auf den Uhrstand übergehen. Am Pole selbst, d. h. für $\varphi = 90°$, wird diese Methode der Zeitbestimmung ja überhaupt unanwendbar; in der That bleiben am Pole die Sterne in ihrer scheinbaren täglichen Bewegung immer in derselben Höhe und in der Nähe des Poles sind die Grenzen, innerhalb deren die Zenithdistanz der Sterne sich bewegt, viel zu gering, um brauchbare Resultate zu geben.

Hat man zur Zeitbestimmung die Sonne verwendet, so erhält man durch die Rechnung den Stundenwinkel der Sonne, welcher mit Hilfe der Rectascension derselben die Sternzeit giebt, oder aber direkt als die wahre Zeit angesehen werden kann, welche mit Hilfe der Zeitgleichung auf mittlere Sonnenzeit zu reduciren ist. In diesem Falle muss aber der Stand der Uhr bereits genähert bekannt sein, damit man mit der corrigirten Uhrzeit (effektive Sternzeit oder mittlere Zeit) die Deklination der Sonne und deren Rectascension oder die Zeitgleichung aus den Ephemeriden entnehmen kann. Meist wird man einen hinreichend genäherten Stand durch Extrapolation erhalten; sollte das nicht der Fall sein, was natürlich nur bei See- oder Forschungsreisen der Fall sein könnte, so muss, wenn der schliesslich erhaltene Uhrstand von dem ursprünglich angenommenen zu weit abweicht, die Rechnung wiederholt werden.

Bei der Berechnung der Zeit hat man nicht die wahren, sondern die scheinbaren Sternörter zu verwenden; hierzu gehört, dass auch die Positionen wegen der täglichen Aberration zu corrigiren sind, welche in den Sternephemeriden wegen ihrer Abhängigkeit von der Polhöhe nicht berücksichtigt werden können. Correctionen $d\alpha$, $d\delta$ an den Positionen bringen aber wegen $dt = d\alpha$ in der Zenithdistanz die Correction

$$dz = -\cos q\, d\delta - \sin a \cos \varphi\, d\alpha = -\cos q\, d\delta - \sin q \cos \delta\, d\alpha$$

hervor, und da die Correction wegen der täglichen Aberration

selben Azimuthe für alle Sterne mit den verschiedensten Deklinationen constant bleibt. Die Veränderlichkeit beider Faktoren zu betrachten, ist aber unnöthig, wenn man wieder an Stelle des Ausdruckes $\cos \delta \sin q$ den ihm gleichen $\sin a \cos \varphi$ setzt, in welchen der eine Faktor $\cos \varphi$ für eine gegebene Polhöhe constant ist, und daher nur auf die Veränderlichkeit des Faktors $\sin a$ Rücksicht zu nehmen ist.

$$d\alpha = \mu \cos\varphi \cos t \sec\delta$$
$$d\delta = \mu \cos\varphi \sin t \sin\delta \qquad \mu = 0''\cdot311$$

ist, so wird

$$dz = -\mu \cos\varphi\,[\cos t \sin q + \sin t \sin\delta \cos q]$$

d. i.

$$dz = -\mu \cos\varphi \cos z \sin a.$$

Die daraus folgende Correction des Stundenwinkels ist nach (3)

$$dt = \frac{dz}{\sin a \cos\varphi} = -\mu \cos z\,;$$

demnach wegen $dt = d(\Delta u)$ die Correction des Uhrstandes wegen täglicher Aberration

$$d(\Delta u) = -0''\cdot311 \cos z = -0^s\cdot021 \cos z.$$

In derselben Weise lässt sich auch eine etwaige Biegung des Fernrohres berücksichtigen. Sei dieselbe im Horizont b, so wird sie in der Zenithdistanz z: $dz = b \sin z$ und die daraus resultirende Correction des Uhrstandes, ausgedrückt in Zeitsecunden, wenn b in Bogensecunden gegeben ist.

$$d(\Delta u) = \tfrac{1}{15}\frac{b \sin z}{\sin a \cos\varphi}.$$

Beispiel: Als Beispiele will ich einige Beobachtungen mit einem kleinen Theodoliten anführen, welche Herr Hauptmann (jetzt Oberst) v. STERNECK im Jahre 1872 auf der Balkanhalbinsel ausführte.

1872 Juli 28 wurde der Stern α Cygni ($\alpha = 20^h\,37^m\,6^s\cdot4$, $\delta = 44°\,49'\,30''$) in Arnautlar ($\varphi = 42°\,57'\,7''$) an einem nach Sternzeit gehenden Chronometer beobachtet.

Uhrzeit $16^h\,23^m\,37^s\cdot2$

Beobachtete Zenithdistanz	38° 45′ 13″		9·04089
Correct. wegen Libelle	— 1	$\log\cos(s-z) =$	9·95900
Refraction	+ 44	$\log\cos s =$	9·65299
Wahre Zenithdistanz $z =$	38° 45′ 56″	$\log\tan^2\frac{1}{2}t =$	9·42890
$\varphi =$	42 57 7	$\log\tan\frac{1}{2}t =$	9·71445
$\delta =$	44 49 30	$\frac{1}{2}t =$	$1^h\,49^m\,33^s\cdot8$
$s =$	63° 16′ 16″	$t =$	3 39 7·6
$(s-z) =$	24 30 20	$\alpha =$	20 37 6·4
$(s-\varphi) =$	20 19 9	$\Theta =$	16 57 58·8
$(s-\delta) =$	18 26 46	$u =$	16 23 37·2
$\log\sin(s-\varphi) =$	9·54064	$x =$	$+\ 34^m\,21^s\cdot6$
$\log\sin(s-\delta) =$	9·50025		
$\log\sin(s-\varphi)\sin(s-\delta) =$	9·04089		

C. Zeitbestimmung aus mehreren nach einander gemessenen Zenithdistanzen. Die Fehler, welche einer einzelnen Beobachtung anhaften, können auch hier dadurch verkleinert werden, dass man eine Reihe von Zenithdistanzen hinter einander beobachtet. Will man sich hierbei von der Uebereinstimmung der Resultate überzeugen, so wird man jede Beobachtung für sich reduciren. In diesem Falle wäre aber die Formel (1) praktischer als die Formel (2), weil in derselben $\sin\varphi \sin\delta$ und $\cos\varphi \cos\delta$ für alle Beobachtungen constant ist. Doch kann man diese Formel noch in eine andere Form bringen, welche diesen Vortheil mit der Formel (1) gemein hat, aber für die Rechnung etwas bequemer zu sein scheint, zumal, wenn man mit Additions- und Subtractionslogarithmen rechnet. Man erhält nämlich leicht aus (1):

$$\frac{1 - \cos t}{1 + \cos t} = \frac{\cos(\varphi - \delta) - \cos z}{\cos(\varphi + \delta) + \cos z},$$

welche für die praktische Berechnung am besten in der Form verwendet wird:

$$tang^2 \tfrac{1}{2} t = \frac{\dfrac{\cos(\varphi - \delta)}{\cos z} - 1}{\dfrac{\cos(\varphi + \delta)}{\cos z} + 1}, \qquad (4)$$

welche bei Verwendung von Additions- und Subtractionslogarithmen[1]) fast so bequem wie (3) ist, dabei aber den Vortheil hat, dass nur $\cos z$ aufgeschlagen zu werden braucht, da $\cos(\varphi - \delta)$ und $\cos(\varphi + \delta)$ für alle Beobachtungen desselben Sternes constant sind, überdies aber hierbei der Stundenwinkel nicht durch den Cosinus, sondern durch die Tangente erhalten wird.

1872 Juli 19 wurde die Sonne zu Lailakioi ($\varphi = 43°9'2''$) ebenfalls am Sternzeitchronometer beobachtet. Es ist für dieselbe $\alpha = 7^h\, 56^m\, 23^s{\cdot}2$, $\delta = +20°45'52''$. Es ist [die Reduction nach Formel (4) neu gerechnet]:

Kr.	Uhrzeit	Beobacht. Zenithdist.	Libelle	Wahre Zenithdist. z	$\log \cos z$	$\log\left[\frac{\cos(\varphi-\delta)}{\cos z}\right]$	$\log\left[\frac{\cos(\varphi+\delta)}{\cos z}\right]$	$\log$ Zähler
R	$9^h\, 14^m\, 48^s{\cdot}8$	31° 17′ 0″	− 7	31°33′ 7″	9·930524	0·035448	9·71264	8·92965
	15 18·8	31 21 13	−11	31 37 16	9·930202	0·035770	9·71296	8·93374
	15 42·0	31 24 32	− 2	31 40 44	9·929932	0·036040	9·71323	8·93715
	16 4·4	31 27 38	+ 6	31 43 58	9·929680	0·036292	9·71348	8·94030
	16 26·8	31 31 13	− 4	31 47 23	9·929412	0·036560	9·71375	8·94362
L	17 18·8	31 39 10	− 3	31 55 21	9·928787	0·037185	9·71437	8·95131
	17 49·2	31 43 55	+ 1	32 0 10	9·928407	0·037565	9·71475	8·95592
	18 16·4	31 47 45	+ 6	32 4 5	9·928098	0·037874	9·71506	8·95963
	18 41·6	31 51 47	− 4	32 7 57	9·927791	0·038181	9·71537	8·96329
	19 8·8	31 55 27	+12	32 11 53	9·927479	0·038493	9·71568	8·96698

Refraction + 31″
Parallaxe − 4″
Halbmesser + 15′ 47″
+ 16′ 14″

$\varphi - \delta = 22° \, 23' \, 10''$
$\varphi + \delta = 63 \;\; 54 \;\; 54$
$\log \cos(\varphi - \delta) = 9{\cdot}965972$
$\log \cos(\varphi + \delta) = 9{\cdot}643161$

$\log$ Nenner	$\log tang^2 \frac{1}{2} t$	$\log tang \frac{1}{2} t$	$\frac{1}{2} t$	t	Θ	x
0·18070	8·74895	9·37447	$0^h\, 53^m\, 18^s{\cdot}0$	$1^h\, 46^m\, 36^s{\cdot}0$	$9^h\, 42^m\, 59^s{\cdot}2$	$+28^m\, 10^s{\cdot}4$
0·18080	8·75294	9·37647	0 53 32·2	1 47 4·4	9 43 27·6	28 8·8
0·18090	8·75625	9·37812	0 53 44·0	1 47 28·0	9 43 51·2	28 9·2
0·18098	8·75932	9·37966	0 53 55·1	1 47 50·2	9 44 13·4	28 9·0
0·18107	8·76255	9·38127	0 54 6·6	1 48 13·2	9 44 36·4	28 9·6
0·18129	8·77002	9·38501	0 54 33·7	1 49 7·4	9 45 30·6	+28 11·8
0·18141	8·77451	9·38725	0 54 49·9	1 49 39·8	9 46 3·0	28 13·8
0·18152	8·77811	9·38905	0 55 3·1	1 50 6·2	9 46 29·4	28 13·0
0·18163	8·78166	9·39083	0 55 16·2	1 50 32·4	9 46 55·6	28 14·0
0·18173	8·78525	9·39262	0 55 29·3	1 50 58·6	9 47 21·8	28 13·0

[1]) Insbesondere die 6stelligen ALBRECHT'schen Tafeln geben unmittelbar die hier benöthigten Werthe. Doch wird der Zähler (bei Benützung von ebensovielstelligen Logarithmen) etwas weniger genau.

$$\begin{aligned} \text{Das Mittel ist bei } KR\text{:} \quad & x = +28^m\ 9^s{\cdot}4 \\ \text{bei } KL\text{:} \quad & x = +28\ \ 13{\cdot}1 \\ \text{Mittel} \quad & x = +28\ \ 11{\cdot}3. \end{aligned}$$

Der Unterschied in den Resultaten bei KR und KL rührt von einem kleinen Fehler in der Annahme der Zenithpunkte her.

Würden die Zenithdistanzen proportional den Stundenwinkeln wachsen, so wäre es das einfachste, das Mittel aus allen Zenithdistanzen: Z zu nehmen, ebenso das Mittel aus allen Uhrzeiten: U und die beiden so erhaltenen Mittel zur einmaligen Rechnung zu verwenden. Allein diese Proportionalität findet nicht statt, und es wird eine Correction an das Mittel der Zenithdistanzen anzubringen sein, so dass man eine Zenithdistanz erhält, welche zu dem Mittel der Uhrzeiten gehört, d. h. in Formel (2) verwendet, den zur Uhrzeit U gehörigen Stundenwinkel giebt; oder aber wenn man mit dem Mittel der Zenithdistanzen Z rechnet, hat man an die Uhrzeit eine Correction anzubringen, so dass die corrigirte Uhrzeit jene ist, zu welcher die Zenithdistanz Z des Gestirns gehört.

a) Reduction des Mittels der Zenithdistanzen auf das Mittel der Uhrzeiten. Seien $t_1, t_2, \ldots t_n$ die einzelnen Stundenwinkel, welche zu den Zenithdistanzen $z_1, z_2 \ldots z_n$ gehören, und T der dem Mittel der Beobachtungszeiten entsprechende Stundenwinkel. Da

$$u_1 + x = t_1 + \alpha; \quad u_2 + x = t_2 + \alpha \ldots \quad u_n + x = t_n + \alpha$$

und

$$Z = \frac{z_1 + z_2 + \ldots + z_n}{n}; \; U = \frac{u_1 + u_2 + \ldots + u_n}{n}; \; T = \frac{t_1 + t_2 + \ldots + t_n}{n}$$

ist, so wird

$$U + x = T + \alpha$$

oder

$$x = T + \alpha - U$$

sein. Hätte man die Zenithdistanz ζ, welche zum Stundenwinkel T, d. h. zur Uhrzeit U gehört, so würde man T aus ζ nach der Formel (1) oder (2) rechnen, d. h. nach

$$tang^2 \tfrac{1}{2} T = \frac{\sin(\Sigma - \varphi) \sin(\Sigma - \delta)}{\cos\Sigma \cos(\Sigma - \zeta)} : \Sigma = \tfrac{1}{2}(\varphi + \delta + \zeta), \tag{5}$$

womit sofort U bekannt wird. Hier handelt es sich nun um die Bestimmung der Differenz $\zeta - Z$. Nun ist

$$\begin{aligned} z_1 &= \zeta + \frac{dz}{dt}(t_1 - T) + \tfrac{1}{2}\frac{d^2z}{dt^2}(t_1 - T)^2 + \ldots \\ z_2 &= \zeta + \frac{dz}{dt}(t_2 - T) + \tfrac{1}{2}\frac{d^2z}{dt^2}(t_2 - T)^2 + \ldots \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ z_n &= \zeta + \frac{dz}{dt}(t_n - T) + \tfrac{1}{2}\frac{d^2z}{dt^2}(t_n - T)^2 + \ldots \end{aligned}$$

Addirt man diese sämmtlichen Gleichungen, so erhält man mit Rücksicht auf

$$(t_1 - T) + (t_2 - T) + \ldots + (t_n - T) = 0:$$

$$Z = \zeta + \tfrac{1}{2}\frac{d^2z}{dt^2} \cdot \frac{(t_1 - T)^2 + (t_2 - T)^2 + \ldots + (t_n - T)^2}{n}.$$

Da aber

$$t_1 - u_1 = t_2 - u_2 = \ldots = t_n - u_n = T - U$$

ist, so wird

$$t_1 - T = u_1 - U; \quad t_2 - T = u_2 - U \ldots t_n - T = u_n - U$$

und man erhält ζ aus dem Mittel Z aller beobachteten Zenithdistanzen:

$$\zeta = Z - \tfrac{1}{2}\frac{d^2 z}{dt^2} \cdot \frac{(u_1 - U)^2 + (u_2 - U)^2 + \ldots + (u_n - U)^2}{n}.$$

Für die Berechnung der hier auftretenden zweiten Differentialquotienten von ζ hat man aus der Formel

$$\cos z = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t:$$

$$\sin z \frac{dz}{dt} = \cos\varphi \cos\delta \sin t$$

und daraus

$$\sin z \frac{d^2 z}{dt^2} + \cos z \left(\frac{dz}{dt}\right)^2 = \cos\varphi \cos\delta \cos t = \sin z \operatorname{cotang} t \frac{dz}{dt},$$

folglich

$$\frac{dz}{dt} = \frac{\cos\varphi \cos\delta \sin t}{\sin z}; \quad \frac{d^2 z}{dt^2} = \operatorname{cotang} t \frac{dz}{dt} - \operatorname{cotang} z \left(\frac{dz}{dt}\right)^2. \tag{6}$$

Die Ausdrücke werden scheinbar etwas einfacher durch Einführung des Azimuthes. Da nämlich

$$\cos\delta \sin t = \sin z \sin a$$

ist, so wird

$$\frac{dz}{dt} = \cos\varphi \sin a \tag{6a}$$

und daraus

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = \cos\varphi \cos a \frac{da}{dt}.$$

Da aber (vergl. den Artikel »Coordinaten«, I. Band, pag. 668.):

$$\frac{da}{dt} = \frac{\cos\delta \cos q}{\sin z} = \frac{\sin a \cos q}{\sin t}$$

st, so wird

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = \frac{\cos\varphi \cos a \sin a \cos q}{\sin t} = \frac{\cos\varphi \cos a \cos\delta \cos q}{\sin z}, \tag{6b}$$

welche Formel jedoch die Kenntniss des Azimuthes und des parallaktischen Winkels voraussetzt, welche erst berechnet werden müssen, während die in Formel (6) auftretenden Zenithdistanzen und Stundenwinkel (nebst φ und δ) ohnedies durch die Beobachtung gegeben sind.

In der Formel für ζ treten noch ausserdem die Quadrate der $(u - U)$ auf, wobei der Faktor $arc\, 1''$ hinzuzufügen ist, und $(u_1 - U)$ im Bogenmaasse (nicht im Zeitmaasse) ausgedrückt gedacht werden muss. Um diese Berechnung zu umgehen, kann man die in vielen Tafelsammlungen, (z. B. den ALBRECHT'schen »Formeln und Hülfstafeln für geographische Ortsbestimmung«) aufgenommenen Tafeln der $\frac{2\sin^2 \frac{1}{2}\tau}{arc\, 1''}$ verwenden; da nämlich $(u_i - U)$ eine mässige Grösse ist, so kann man

$$\tfrac{1}{2}(u_i - U)^2 \, arc\, 1'' = \frac{2\sin^2 \frac{1}{2}(u_i - U)}{arc\, 1''}$$

setzen, und hat dann

$$\zeta = Z - \frac{d^2 z}{dt^2} \cdot \frac{1}{n} \sum \frac{2\sin^2 \frac{1}{2}(u_i - U)}{arc\, 1''}, \tag{7}$$

wobei der Differentialquotient $\frac{d^2 z}{dt^2}$ nach Formel (6) zu berechnen ist, und der Werth von $\frac{1}{n}\sum \frac{2\sin^2 \frac{1}{2}(u_i - U)}{arc\, 1''}$ das arithmetische Mittel der für alle einzelnen

Beobachtungen aus der Tafel zu entnehmenden Werthe ist. Hat man dann mit dem erhaltenen Werthe von ζ nach (5) T berechnet, so folgt

$$x = T + \alpha - U.$$

Die Formel ist jedoch nicht vollständig, da man eigentlich:

$$z_i = \zeta + \frac{dz}{dt}(t_i - T) + \tfrac{1}{2}\frac{d^2 z}{dt^2}(t_i - T)^2 + \tfrac{1}{6}\frac{d^3 z}{dt^3}(t_i - T)^3 + \tfrac{1}{24}\frac{d^4 z}{dt^4}(t_i - T)^4 \ldots .$$

hat, und demnach

$$\zeta = Z - \frac{d^2 z}{dt^2}\cdot\frac{1}{n}\sum\frac{2\sin^2\frac{1}{2}(u_i - U)}{arc\,1''} - \frac{d^3 z}{dt^3}\cdot\frac{1}{n}\sum\tfrac{4}{3}\frac{\sin_3\frac{1}{2}(u_i - U)}{arc\,1''} -$$
$$- \frac{d^4 z}{dt^4}\cdot\frac{1}{n}\sum\tfrac{2}{3}\frac{\sin^4\frac{1}{2}(u_i - U)}{arc\,1''} \ldots .$$

ist. Die Berechnung von $\frac{d^3 z}{dt^3}$, $\frac{d^4 z}{dt^4}$ wird ziemlich umständlich; in allen jenen Fällen, in denen die als Faktoren auftretenden Summen

$$\frac{1}{n}\cdot\sum\tfrac{4}{3}\frac{\sin^3\frac{1}{2}(u_i - U)}{arc\,1''};\qquad \frac{1}{n}\sum\frac{\sin^4\frac{1}{2}(u_i - U)}{arc\,1''}$$

beträchtliche, nicht zu vernachlässigende Werthe erreichen, wird daher die Berechnung nach (5) bei Vernachlässigung der Zusatzglieder nicht genügend scharfe Resultate geben, und daher besser durch die gesonderte Berechnung der einzelnen Zenithdistanzen zu ersetzen sein. Nun findet man leicht die Werthe der in den Summen auftretenden Glieder aus der folgenden kleinen Tafel:

$u_i - U$	$\tfrac{4}{3}\frac{\sin^3\frac{1}{2}(u_i - U)}{arc\,1''}$	$\tfrac{2}{3}\frac{\sin^4\frac{1}{2}(u_i - U)}{arc\,1''}$
0^m	0''·000	0''·000
1	0·003	0·000
2	0·023	0·000
3	0·077	0·000
4	0·183	0·001
5	0·357	0·002
6	0·617	0·004
7	0·997	0·007
8	1·462	0·013
9	2·081	0·020
10	2.855	0·031
11	3·800	0·046
12	4·933	0·065
13	6·272	0·089
14	7·833	0·120
15	9·633	0·158

Die Werthe der dritten Potenzen der $(u_i - U)$ wachsen daher noch ziemlich rasch an, und erreichen schon bei einer Zwischenzeit von 7^m zwischen der äussersten Beobachtung und dem Mittel, also von etwa 14^m zwischen den äussersten Beobachtungen den Werth von 1''. Nichtsdestoweniger kann man die hieraus entstehende Correction vernachlässigen, weil deren Werthe für die dem Mittel der Zeiten vorangehenden und folgenden Beobachtungen entgegengesetzt bezeichnet sind, und daher bei einer gleichmässigen Vertheilung der Beobachtungen sich im Mittel wegheben werden. Dieses gilt jedoch nicht für die vierten Potenzen, welche zu beiden Seiten des Mittels gleich bezeichnet sind. Erstrecken sich die Beobachtungen über einen Zeitraum von einer halben Stunde, so dass $u_i - U$ den Werth von 15^m erreicht, so werden die betreffenden Correctionen für die

beiden äussersten Beobachtungen schon über 0''·15 und daher nicht mehr zu vernachlässigen.

Es folgt hieraus, dass, wenn die vierten Potenzen vernachlässigt werden sollen, man die Zwischenzeit nicht länger als über etwa 10 bis 15^m ausdehnen darf; für diesen Zwischenraum wird $(u_i - U)$ etwa 8^m, und das Correctionsglied der vierten Ordnung etwa 0''·01 daher zu vernachlässigen. Ordnet man die zwischenliegenden Beobachtungen möglichst gleichmässig an, also in möglichst nahe gleichen Zeitintervallen, so werden auch die Glieder dritter Ordnung, die sonst bis auf 1''·4 ansteigen können, gleich grosse positive und negative Werthe erhalten, und daher in der Summe wegfallen. In der Praxis wird ja meist ohnedies die Zwischenzeit den Betrag von 15^m nie übersteigen.

b) Reduction des Mittels der Uhrzeiten auf das Mittel der Zenithdistanzen. Hat man zum Mittel der Zenithdistanzen Z nach der Formel

$$tang^2 \tfrac{1}{2}\vartheta = \frac{sin\,(S-\varphi)\,sin\,(S-\delta)}{cos\,S\,cos\,(S-Z)}\,;\quad S = \tfrac{1}{2}(\varphi+\delta+Z) \tag{8}$$

den Stundenwinkel ϑ gesucht, so gehört dieser nicht zum Mittel U der Uhrzeiten, sondern zu einer anderen Uhrzeit υ, für welche

$$\frac{Z-\zeta}{\upsilon - U} = \frac{dz}{du} = \frac{dz}{dt}$$

ist. Substituirt man hier für $Z-\zeta$ den Wert aus (7), so erhält man

$$\upsilon - U = \frac{1}{\frac{dz}{dt}} \cdot \frac{d^2 z}{dt^2} \cdot \frac{1}{n}\sum \frac{2\,sin^2 \frac{1}{2}(u_i - U)}{arc\,1''}$$

oder, wenn man für $\frac{d^2 z}{dt^2} : \frac{dz}{dt}$ seinen Wert aus (6) substistuirt:

$$\upsilon = U + \tfrac{1}{15}\left(cotang\,t - cotang\,z \cdot \frac{dz}{dt}\right) \cdot \frac{1}{n}\sum \frac{2\,sin^2 \frac{1}{2}(u_i - U)}{arc\,1''}, \tag{9}$$

wobei der Factor $\frac{1}{15}$ daher rührt, dass υ, U im Zeitmaasse ausgedrückt sind und daher $sin^2 \frac{1}{2}(u_i - U)$ durch $arc\,1^s = 15\,arc\,1''$ zu dividiren ist.

υ ist die Uhrzeit, welche zum Mittel der Zenithdistanzen Z, d. h. zu dem aus (8) folgenden Stundenwinkel ϑ gehört, so dass

$$x = \vartheta + \alpha - \upsilon \tag{10}$$

wird.

Beispiel. 1886 Mai 21 beobachtete ich mit einem Sextanten (dessen Indexfehler + 16''·9 war) an einer nach mittlerer Zeit gehenden Uhr die Sonne:

⨀	Einstellung	Uhrzeit V. M.	Uhrzeit N. M.	Libelle	Mittlere [1]) Refraction
OR	54° 0'	$8^h\ 11^m\ 42^s$	$4^h\ 0^m\ 16^s$	− 8''·3	+ 80''·1
	53 40	13 43	3 58 12		+ 79·2
	53 20	15 46	56 11		+ 78·2
UR	53 20	8 18 57	3 52 58		+ 76·7
	53 0	21 1	50 54		+ 75·8
	52 40	23 4	48 52	− 7''·4	+ 74·9

Horizontalparallaxe der Sonne: 8''·74
Parallaxe für die Beobachtung: 7''·0
Halbmesser der Sonne: 15' 49''·3

[1]) Durch einen Defect im Manuale sind die Aufschreibungen über meteorologische Instrumente nicht vorhanden. Für den vorliegenden Zweck ist dieser Mangel jedoch ohne Bedeutung.

Die Berechnung ergiebt nun:

	Vormittags		Nachmittags	
Mittel der Uhrzeiten:	$8^h\ 17^m\ 22^s{\cdot}17$		$3^h\ 54^m\ 33^s{\cdot}83$	
	τ	$\frac{2\sin^2\frac{1}{2}\tau}{arc\,1''}$	τ	$\frac{2\sin^2\frac{1}{2}\tau}{arc\,1''}$ [1]
Abweichungen der einzelnen Beobachtungen vom Mittel:	$5^m\ 40^s{\cdot}17$	$63''{\cdot}11$	$5^m\ 42^s{\cdot}17$	$63''{\cdot}86$
	3 39·17	26·20	3 38·17	25·96
	1 36·17	5·04	1 37·17	5·15
	1 34·83	4·91	1 35·83	5·01
	3 38·83	26·12	3 39·83	26·36
	5 41·83	63·73	5 41·83	63·73

$$\frac{1}{n}\sum\frac{2\sin^2\frac{1}{2}\tau}{arc\,1''} = 31''{\cdot}52 \qquad \frac{1}{n}\sum\frac{2\sin^2\frac{1}{2}\tau}{arc\,1''} = 31''{\cdot}68.$$

Die Vor- und Nachmittagsbeobachtungen geben die Uhrzeit der Culmination $0^h\ 5^m\ 58^s$; daher der Stand der Uhr gegen wahre Zeit $-5^m\ 58^s$; es folgt daher:

Genäherte wahre Zeit der Beobachtung	$8^h 11^m 24^s$	$3^h 48^m 36^s$
Zugehörige Berliner wahre Zeit	$7\ 59\ 38 = -0^d{\cdot}1506$	$3\ 36\ 50 = +0^d{\cdot}1506$
Damit: Zeitgleichung	$-3^m\ 39^s{\cdot}73$	$-3^m\ 38^s{\cdot}59$
Deklination der Sonne	$\delta = +20°\ 11'\ 3''{\cdot}2$	$+20°\ 14'\ 54''{\cdot}1.$

Hiermit folgt für die Berechnung der Reduction des Mittels der Zeiten auf das Mittel der Zenithdistanzen für die Vormittagsbeobachtungen:

$\log\cos\varphi$	9·82372		
$\log\cos\delta$	9·97248		
$\log\sin t$	$9_n{\cdot}92433$		
$\log cosec\,z$	0·09563		
$\log dz : dt$	$9_n{\cdot}81616$	$\log\left(cotang\,t - \frac{dz}{dt}\,cotang\,z\right)$	$9_n{\cdot}20017$
$\log cotang\,z$	9·87150	$\log\frac{1}{15}$	8·82391
$\log\left(-\frac{dz}{dt}\,cotang\,z\right)$	9·68766	$\log\frac{1}{n}\sum\frac{2\sin^2\frac{1}{2}\tau}{arc\,1''}$	1·49859
$\log cotang\,t$	$9_n{\cdot}81003$	*log* Reduction	$9_n{\cdot}52267$
Add. log	9·51251	Reduction	$-0^s{\cdot}333.$

Ebenso findet man für die Reduction der Nachmittagsbeobachtungen: $+0^s{\cdot}335$.

Daher die auf das Mittel der Zenithdistanzen reducirten Mittel der Uhrzeiten:

$$8^h\ 17^m\ 21^s{\cdot}84 \qquad 3^h\ 54^m\ 34^s{\cdot}16.$$

Die Mittel der Zenithdistanzen erhält man nun aus den Beobachtungen:

Mittel der Lesungen	53° 20′ 0″·0
Indexfehler	+ 16·9
Libellencorrection	− 7·8
Mittlere Refraction	+ 1 17·5
Parallaxe	− 7·0 [2]
Mittel der Zenithdistanzen	53° 21′ 19″·6

[1]) Hat man keine Hilfstafeln, welche die Werthe von $\frac{2\sin^2\frac{1}{2}\tau}{arc\,1''}$ geben, so rechnet man z. B.

$$\tau = 5^m\ 42^s{\cdot}17$$
$$= 1°\ 25'\ 32''{\cdot}5 = 5132''{\cdot}5$$
$$\log\tau = 3{\cdot}71033$$
$$\log\tau^2 = 7{\cdot}42066$$
$$\log\frac{\tau^2}{2\,arc\,1''} = 1{\cdot}80520 \qquad \frac{\tau^2}{2\,arc\,1''} = 63''{\cdot}86.$$

[2]) Der Halbmesser fällt heraus, da die Hälfte der Beobachtungen sich auf den oberen, die andere Hälfte auf den unteren Rand beziehen.

Rechnet man mit dieser Zenithdistanz, der Polhöhe $\varphi = 48° 12' 46''{\cdot}8$ und den zu den Vormittags- bezw. Nachmittagsbeobachtungen gehörigen Deklinationen der Sonne: $\delta = +20° 11' 3''{\cdot}2$ und $20° 14' 54''{\cdot}1$ die Stundenwinkel nach Formel (8), so erhält man:

	$t = 3^h\ 48^m\ 27^s{\cdot}81$	$3^h\ 48^m\ 44^s{\cdot}65$
Wahre Zeit:	8 11 32·19	3 48 44·65
Zeitgleichung:	— 3 39·73	— 3 38·59
Mittlere Zeit:	8 7 52·46	3 45 6·06
Reducirte Uhrzeit:	8 17 21·84	3 54 34·16
Uhrstand:	$x = -9^m\ 29^s{\cdot}38$	$-9^m\ 28^s{\cdot}10.$

Nach den Aufzeichnungen der meteorologischen Centralanstalt, Wien, war für 1886 Mai 21: Barometerstand 748mm; Temperatur der Luft: Vormittags + 17°, Nachmittags + 25° (für die Zeit der Beobachtungen); die Reduktion wegen des Unterschiedes in der Seehöhe beträgt — 9mm; man hat daher anzunehmen

$$B = 739^{mm};\ \text{Thermometer} + 17°\ \text{bezw.} + 25°.$$

Nimmt man die Temperatur des Quecksilbers (inneres Thermometer) gleich derjenigen der Luft (äusseres Thermometer), so wird die Summe der Correctionen der Logarithmen der mittleren Refraction — 2010 bezw. — 3242, und damit die Correction der mittleren Refraction nach meinen Tafeln (Publicationen der v. KUFFNER'schen Sternwarte I. Bd., pag. 207): — 3''·5 bezw. — 5''·6. Die hieraus folgende Correction des Uhrstandes ist

$$dx = dt = \left(\frac{dz''}{\sin A \cos\varphi}\right)'' = \left(\frac{\sin z\, dz''}{15 \sin t \cos\delta \cos\varphi}\right)^s.$$

Die Rechnung ergiebt:

$$\begin{aligned}
\log \sin z &= 9{\cdot}9043 \\
\log \cos\varphi &= 9{\cdot}8237 \\
\log \cos\delta &= 9{\cdot}9724 \\
\log \sin t &= 9_n 9241 \quad \text{(Nachmittags } 9{\cdot}9243) \\
\log \tfrac{1}{15} &= 8{\cdot}8239 \\
\log dz &= 0_n 5441 \quad \text{(Nachmittags } 0_n 7482) \\
\log dt &= 9{\cdot}5521 \qquad\qquad\qquad 9_n 7558 \\
\text{Correction von } dx\text{:} &\ + 0^s{\cdot}357 \qquad\qquad\qquad - 0^s{\cdot}570.
\end{aligned}$$

Daher mit Rücksicht auf wahre Refraction die Uhrstände

$$x = -9^m\ 29^s{\cdot}02 \quad \text{und} \quad x = -9^m\ 28^s{\cdot}67.$$

Das Universalinstrument giebt nicht unmittelbar die Zenithdistanzen an, sondern zur Bestimmung derselben ist die Kenntniss des Zenithpunktes oder die Beobachtung in beiden Kreislagen erforderlich. Da aber in der Zwischenzeit der Stern seine Zenithdistanz geändert hat, so wird man aus den aufeinanderfolgenden Beobachtungen, nicht unmittelbar den Zenithpunkt, daher auch nicht die Zenithdistanz ermitteln können. Es reicht jedoch aus, wenn man zu den Zeitbestimmungen einen genäherten Zenithpunkt verwendet, wenn man, nachdem man eine gewisse Zahl von Beobachtungen in der einen Kreislage gemacht hat, sodann das Fernrohr durchschlägt, und eine gleiche Zahl Beobachtungen in der anderen Kreislage macht. Denn ist der Zenithpunkt mit einem Fehler ΔL_0 behaftet, so werden alle Zenithdistanzen in der einen Kreislage den Fehler $+\Delta L_0$, in der anderen Kreislage den Fehler $-\Delta L_0$ haben, so dass der daraus resultirende Fehler in der Zeitbestimmung, da das Azimuth sich nicht wesentlich geändert hat, nach der Formel (3)

$$+\frac{\Delta L_0}{\sin a \cos\varphi} \text{ und } -\frac{\Delta L_0}{\sin a \cos\varphi}$$

wird, welche Fehler im Mittel wegfallen.

Kennt man den Zenithpunkt nicht, oder will man nicht jede einzelne beobachtete Zenithdistanz für sich anwenden, so wird man direkt in dieser Anordnung der Beobachtungen eine Zenithdistanz aus der ersten und letzten, eine zweite aus der zweiten und vorletzten, dann aus der $r$ten und $(n - r)$ten Lesung (wenn n die Zahl der beobachteten Zenithdistanzen ist) ableiten, so als ob sich die Zenithdistanz des Sternes in der Zwischenzeit nicht geändert hätte; dieses Mittel der Zenithdistanzen wird wie früher auf das Mittel der Uhrzeiten reducirt, und kann zur Bestimmung des Stundenwinkels verwendet werden.

Sei die beobachtete Zenithdistanz zur Zeit u_1 gleich z_1 bei KL; diejenige zur Zeit u_n gleich z_n bei KR, und es sollen die beiden Zenithdistanzen auf das Mittel $u_{1,n}$ der beiden Uhrzeiten u_1, und u_n, d. h. auf die Zeit

$$u_{1,n} = \frac{u_1 + u_n}{2}$$

reducirt werden. Sei die Zenithdistanz zu dieser Zeit gleich $\zeta_{1,n}$, so wird

$$z_1 = \zeta_{1,n} - \frac{dz}{dt}(u_{1,n} - u_1) + \tfrac{1}{2}\frac{d^2z}{dt^2}(u_{1,n} - u_1)^2$$
$$z_2 = \zeta_{1,n} + \frac{dz}{dt}(u_n - u_{1,n}) + \tfrac{1}{2}\frac{d^2z}{dt^2}(u_n - u_{1,n})^2 .$$

Da aber $z_1 = L_0 - L_1$, $z_n = L_2 - L_0$ ist, wenn die Lesungen in den beiden Kreislagen mit L_1 und L_2 bezeichnet werden [oder aber $L_1 - L_0$ und $L_0 - L_2$ bei umgekehrter Bezifferung], so erhält man durch Addition der beiden Gleichungen

$$\tfrac{1}{2}(L_2 - L_1) = \zeta_{1,n} + \tfrac{1}{2}\frac{d^2z}{dt^2}\left(\frac{u_n - u_1}{2}\right)^2,$$

daher

$$\zeta_{1,n} = \tfrac{1}{2}(L_2 - L_1) - \frac{d^2z}{dt^2} \cdot \frac{2 \sin^2 \tfrac{1}{2}\frac{u_n - u_1}{2}}{arc\,1''} .$$

Die in dem letzten Gliede enthaltene Reduction wird daher in derselben Weise wie früher mit dem Argumente: »halbe Zwischenzeit zwischen den beiden combinirten Beobachtungen« vorgenommen. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass man die Differenz der Lesungen $L_2 - L_1$ um die Differentialrefraction für die beiden, etwas verschiedenen Zenithdistanzen zu corrigiren hat, wobei man, da die Zenithdistanzen nicht sehr verschieden sein werden, von der Correction wegen der meteorologischen Instrumente absehen kann.

Hat man in dieser Weise die Zenithdistanzen $\zeta_{1,n}$; $\zeta_{2,n-1}$; $\zeta_{3,n-2}$; . . . . abgeleitet, so wird man aus diesen das Mittel Z ziehen, und ebenso das Mittel U der Uhrzeiten $u_{1,n}$; $u_{2,n-1}$; . . . bilden, und schliesslich, nachdem das Mittel der Zenithdistanzen Z wegen wahrer Refraction corrigirt ist[1]) nach dem früher erwähnten Verfahren, das Mittel der Uhrzeiten auf das Mittel der Zenithdistanzen oder das Mittel der Zenithdistanzen auf das Mittel der Uhrzeiten reduciren. Waren die Beobachtungen nahe gleichmässig vertheilt, so werden die einzelnen Mittelwerthe $u_{1,n}$; $u_{2,n-1}$; . . . nicht sehr weit von einander verschieden sein,

[1]) Statt dessen kann man auch die sämtlichen Lesungen wegen Refraction vollständig corrigiren.

daher die Differenzen $U - u_{1,n}$; $U - u_{2,n-1}$; . . . sehr kleine Beträge, für welche die Correction $\frac{d^2 z}{dt^2}$ vernachlässigt werden kann, so dass man die Mittel Z und U als zusammengehörig ansehen kann.

D. Zeitbestimmung aus gleichen Höhen verschiedener Sterne zu beiden Seiten des Meridians. Betrachtet man die Zenithdistanz zweier Sterne, deren Rectascensionen und Declinationen bezw. α, δ und α', δ' sind, so kann man aus den beiden Gleichungen:

$$\begin{aligned} \cos z &= \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t \\ \cos z' &= \sin\varphi \sin\delta' + \cos\varphi \cos\delta' \cos t' \end{aligned} \tag{11}$$

zwei Unbekannte bestimmen. Wählt man $z = z'$ so kann man ohne die Kenntniss von z die Zeit ermitteln, indem dann in der Differenz der beiden Gleichungen $\cos z$ herausfällt. Es soll zunächst noch z und z' verschieden angenommen werden; dann erhält man durch Subtraction der beiden Gleichungen:

$$\cos z - \cos z' = \sin\varphi (\sin\delta - \sin\delta') + \cos\varphi (\cos\delta \cos t - \cos\delta' \cos t') \tag{12}$$

Ist θ die Sternzeit der Beobachtung des ersten Sternes, θ' die Sternzeit der Beobachtung des zweiten Sternes, so ist

$$\theta = t + \alpha; \quad \theta' = t' + \alpha';$$

es wird demnach der Werth von

$$\tau = \tfrac{1}{2}(t' - t) = \tfrac{1}{2}(\theta' - \theta) - \tfrac{1}{2}(\alpha' - \alpha),$$

d. i.

$$\tau = \tfrac{1}{2}[(u' - u) + \Delta u] - \tfrac{1}{2}(\alpha' - \alpha), \tag{13a}$$

wobei $u' - u$ die Differenz der Uhrzeiten, und Δu die Verbesserung derselben wegen des Uhrganges in der Zwischenzeit, also $(u' - u) + \Delta u$ gleich der Differenz der Sternzeiten ist, eine bekannte Grösse. Hingegen wird

$$y = \tfrac{1}{2}(t' + t) = \tfrac{1}{2}(\theta' + \theta) - \tfrac{1}{2}(\alpha' + \alpha),$$

d. i.

$$y = \tfrac{1}{2}(u' + u) + x - \tfrac{1}{2}(\alpha' + \alpha), \tag{13b}$$

wegen des unbekannten Werthes des Uhrstandes x unbekannt. Sobald aber auf irgend eine Weise $\frac{1}{2}(t' + t)$ gefunden wird, erhält man aus (13b) sofort den Werth von x. Nun wird

$$\begin{aligned} \cos t' &= \cos(y + \tau) = \cos y \cos\tau - \sin y \sin\tau \\ \cos t &= \cos(y - \tau) = \cos y \cos\tau + \sin y \sin\tau. \end{aligned}$$

Setzt man diese Ausdrücke in die Gleichung (11) ein, so erhält man:

$$2 \sin\frac{z' - z}{2} \sin\frac{z' + z}{2} + \sin\varphi(\sin\delta - \sin\delta') + \cos\varphi \cos y \cos\tau (\cos\delta - \cos\delta') + \\ + \cos\varphi \sin y \sin\tau (\cos\delta + \cos\delta') = 0.$$

Setzt man hier, ebenso wie bei der Bestimmung der Zeit und des Azimuthes aus gleichen Azimuthen (vergl. den Artikel »Universaltransit«):

$$\begin{aligned} p \sin P &= \cos\tau (\cos\delta - \cos\delta') \\ p \cos P &= \sin\tau (\cos\delta + \cos\delta') \end{aligned} \tag{14}$$

so folgt

$$2 \sin\frac{z' - z}{2} \sin\frac{z' + z}{2} + \sin\varphi(\sin\delta - \sin\delta') + p \sin(P + y) \cos\varphi = 0$$

demnach

$$\sin(P + y) = \frac{\tang\varphi}{p}(\sin\delta' - \sin\delta) - \frac{2 \sin\frac{z' - z}{2} \sin\frac{z' + z}{2}}{p \cos\varphi}. \tag{15}$$

Für $z' = z$ wird hieraus

$$\sin(P + y) = \frac{\tang\varphi}{p}(\sin\delta' - \sin\delta), \tag{15a}$$

aus welcher Gleichung y bestimmt werden kann. Will man dann die Zenithdistanzen selbst bestimmen, so kann dieses aus einer der beiden Gleichungen (11) geschehen. Zur Erhaltung des Fernrohres in derselben Zenithdistanz kann das als **Almucantar** bezeichnete Instrument dienen (vergl. auch hierüber den Artikel »Almucantar«).

Differenzirt man die Gleichungen (11), so folgt:

$$dz = \cos a\, d\varphi - \cos q\, d\delta + \cos\varphi \sin a\, (du - d\alpha + dx)$$
$$dz' = \cos a'\, d\varphi - \cos q'\, d\delta' + \cos\varphi \sin a'\, (du' - d\alpha' + dx),$$

wobei wieder a, a' die Azimuthe und q, q' die parallaktischen Winkel der beiden Sterne bedeuten. Durch Subtraction der beiden Gleichungen erhält man

$$dx = \frac{\cos a - \cos a'}{\cos\varphi(\sin a' - \sin a)}\, d\varphi + \frac{\sin a}{\sin a' - \sin a}(du - d\alpha) - \frac{\sin a'}{\sin a' - \sin a}(du' - d\alpha') -$$
$$- \frac{\cos q}{\cos\varphi\,(\sin a' - \sin a)}\, d\delta + \frac{\cos q'}{\cos\varphi(\sin a' - \sin a)}\, d\delta' + \frac{dz' - dz}{\cos\varphi(\sin a' - \sin a)}.$$

Der Einfluss von Fehlern in den Uhrzeiten sowohl als in den Sternpositionen und in der Polhöhe wird umso kleiner, je grösser die Differenz $\sin a' - \sin a$ ist, d. h., wenn die Sterne zu beiden Seiten des Meridians möglichst nahe dem ersten Vertical beobachtet werden. Da der Coëfficient von $d\varphi$ auch geschrieben werden kann

$$\frac{\operatorname{tang} \frac{1}{2}(a' + a)}{\cos\varphi}\, d\varphi,$$

so sieht man, dass ein Fehler der Polhöhe vollständig verschwindet, wenn $(a' + a)$ gleich Null ist, d. h. die beiden Sterne zu beiden Seiten des Meridians im gleichen Azimuthe die gleiche Höhe erreichen, also auch nahe dieselben Declinationen haben.

Für Sterne verschiedener Declinationen wird es nöthig, die Zeit vorauszuberechnen, zu welcher ihre Höhen zu beiden Seiten des Meridians nahe dieselben werden. Hierzu hat man $u = u'$ zu setzen, und, da es sich nur um eine genäherte Lösung handelt, $x = 0$ und hat dann:

$$\tau = \tfrac{1}{2}(\alpha - \alpha');\;\; y = u - \tfrac{1}{2}(\alpha' + \alpha),$$

folglich

$$p \sin P = (\cos\delta - \cos\delta') \cos \tfrac{1}{2}(\alpha - \alpha')$$
$$p \cos P = (\cos\delta + \cos\delta') \sin \tfrac{1}{2}(\alpha - \alpha')$$
$$\sin(P + y) = \frac{\operatorname{tang}\varphi}{p}(\sin\delta' - \sin\delta)$$
$$u = \tfrac{1}{2}(\alpha + \alpha') + y.$$

Die zugehörige Zenithdistanz findet man dann aus den Gleichungen (11), in denen $t = u - \alpha$, $t' = u' - \alpha'$ gesetzt wird, und die Azimuthe aus

$$\sin a = \frac{\cos\delta \sin t}{\sin z};\quad \sin a' = \frac{\cos\delta' \sin t'}{\sin z}.$$

Die Lösung wird wesentlich einfacher, wenn $\delta' = \delta$ ist; dann wird nämlich

$$\sin(P + y) = 0,\; y = -P;$$

Da aber hierfür auch $\sin P = 0$ wird, so folgt $y = 0$ demnach

$$x = \tfrac{1}{2}(\alpha' + \alpha) - \tfrac{1}{2}(u' + u). \tag{15b}$$

Es ist jedoch nicht nöthig, Sterne von genau gleicher Declination zu nehmen, welche Forderung übrigens kaum jemals zu erfüllen ist; sei $\delta' - \delta$ eine mässige Grösse, so wird man die Gleichungen (14) und (15) leicht in die folgende Form bringen können:

$$\sin(P+y) = \frac{tang\,\varphi \cos P}{p \cos P} \cdot 2 \sin\frac{\delta'-\delta}{2} \cos\frac{\delta'+\delta}{2}$$
$$= \frac{tang\,\varphi}{\sin\tau} \cdot \cos P \, tang \frac{\delta'-\delta}{2}$$
$$tang\, P = tang\frac{\delta'-\delta}{2}\, tang\frac{\delta'+\delta}{2}\, cotang\, \tau,$$

demnach

$$\frac{\sin(P+y) - \sin P}{\cos P} = \sin y - tang\, P(1-\cos y) =$$
$$= \sin y - 2\, tang\, P \sin^2 \tfrac{1}{2} y = \left(\frac{tang\,\varphi}{\sin\tau} - \frac{tang\frac{\delta'+\delta}{2}}{tang\,\tau}\right) tang\frac{\delta'-\delta}{2}. \tag{16}$$

Ist nun $\delta' - \delta$ klein, so wird auch y eine kleine Grösse sein, unter der Voraussetzung, dass $\tau = \frac{1}{2}(t'-t)$ nicht sehr klein wird. Für kleine Unterschiede der δ und gleiche Zenithdistanzen wird aber τ nur dann gross sein können, wenn gleiche Zenithdistanzen zu verschiedenen Seiten des Meridians genommen sind; in diesem Falle wird dann die zweite Potenz von y vernachlässigt werden können, und an Stelle von $\sin y$ und $tang\frac{\delta'-\delta}{2}$ können die Bögen gesetzt werden, so dass

$$y = \left(\frac{tang\,\varphi}{\sin\tau} - \frac{tang\frac{\delta'+\delta}{2}}{tang\,\tau}\right)\frac{\delta'-\delta}{2} \tag{16a}$$

wird. Ist y nicht sehr klein, so erhält man leicht aus (16);

$$y - \tfrac{1}{2}\, tang\, P \cdot y^2 - \tfrac{1}{6} y^3 = T\left[\frac{\delta'-\delta}{2} + \tfrac{1}{3}\left(\frac{\delta'-\delta}{2}\right)^3\right],$$

wobei

$$T = \frac{tang\,\varphi}{\sin\tau} - \frac{tang\frac{\delta'+\delta}{2}}{tang\,\tau}$$

gesetzt ist. Durch Umkehrung der Reihe erhält man hieraus

$$y = T\left(\frac{\delta'-\delta}{2}\right) + \tfrac{1}{2}\, tang\, P \cdot T^2 \left(\frac{\delta'-\delta}{2}\right)^2 + \\ + \left[\frac{T-T^3}{3} + \frac{T^3}{2}\sec^2 P\right]\left(\frac{\delta'-\delta}{2}\right)^3 \tag{17}$$

und dann den Uhrstand

$$x = \tfrac{1}{2}(\alpha'+\alpha) - \tfrac{1}{2}(u'+u) + y \\ = \tfrac{1}{2}(\alpha'+\alpha) - [\tfrac{1}{2}(u'+u) - y]. \tag{17a}$$

Sind die Zenithdistanzen nicht vollständig gleich, sodass die Differenz derselben $z' - z$ nicht Null ist, so tritt die Gleichung (15) an Stelle der Gleichung (15a); wenn jedoch die Differenz eine sehr kleine ist, so kann man das Correctionsglied in der Form schreiben

$$-\frac{(z'-z)\sin z}{p \cos\varphi}$$

oder die Correction von $\frac{\sin(P+y)}{\cos P}$, d. h. das in (16) hinzutretende Correctionsglied

$$-\frac{(z'-z)\sin z}{p\cos\varphi\cos P} = -\frac{(z'-z)\sin z}{\cos\varphi\sin\tau(\cos\delta+\cos\delta')},$$

daher für nahe gleiche Deklinationen

$$-\frac{(z'-z)\sin z}{2\cos\varphi\sin\tau\cos\delta} = -\frac{z'-z}{2}\frac{\sin z}{\cos\varphi\cos\delta\sin\tau}, \tag{18}$$

wobei die Correction wegen der Factoren $(\delta'-\delta)$ und $(z'-z)$ in Bogensecunden ausgedrückt erscheint. (Das zweite Glied in (17) ist natürlich mit $arc\,1''$, das dritte Glied mit $arc\,1''^2$ zu multipliciren). Der Werth von z braucht hierfür nur genähert bekannt zu sein.

Die Zenithdistanzen z' und z können aus mehreren Gründen verschieden sein.

1) Die gemessenen Zenithdistanzen sind bei gleicher Einstellung am Sextanten vorgenommen (die Beobachtung der Uhrzeit, zu welcher die Zenithdistanz erreicht wird), der Glashorizont hat aber eine gewisse Neigung, und zwar sei i die Neigung des Horizontes für den ersten Stern, i' für den zweiten, positiv, wenn die äussere (dem Stern zugekehrte) Seite die höhere ist; dann sind die gemessenen Zenithdistanzen um $+i$, bezw. $+i'$ zu corrigiren, um die wahren zu erhalten, und es ist

$$z'-z = i'-i.$$

2) Die Zenithdistanzen sind gleich; die Beobachtungen sind am Universalinstrument (oder Almucantar) gemacht, und dabei hat sich die Lage der Fernrohraxe geändert, dann ist $z'-z$ die Aenderung der Zenithdistanz) bestimmt mittels einer die Aenderung anzeigenden Libelle.

3) Die Zenithdistanzen sind gleich, aber die Refraction hat sich in Folge Aenderung des Standes der meterologischen Instrumente geändert. Dieses kann eintreten, wenn die Beobachtungen der Zeit noch etwas weiter auseinander liegen (die folgende Methode der correspondirenden Höhen); oder aber die Zenithdistanzen sind ebenfalls etwas verschieden, und in Folge dessen auch die Refractionen. Seien z, z' die gemessenen Zenithdistanzen, ρ, ρ' die zugehörigen Refractionen, also die wahren Zenithdistanzen $z+\rho$, $z'+\rho'$, so ist an Stelle von $z'-z$ in Formel (18) zu setzen:

$$(z'-z)+(\rho'-\rho).$$

Ist $z'=z$, so werden in der Differenz $\rho'-\rho$ die mittleren Refractionen unberücksichtigt bleiben können, und nur die Correctionen wegen der Aenderung im Stande der meteorologischen Instrumente auftreten.

E. Zeitbestimmung aus correspondirenden Höhen. Nimmt man $\delta=\delta'$ und $\alpha=\alpha'$, d. h. beobachtet man denselben Stern in derselben Zenithdistanz vor und nach dem Meridiandurchgange, wobei die Zwischenzeit zwischen den Beobachtungen gleich dem doppelten Stundenwinkel ist, so verschwindet die Correction y und es wird einfach nach (15b):

$$x = \alpha - \tfrac{1}{2}(u'+u);$$

$\frac{1}{2}(u'+u)$ ist hier die Zeit des Durchganges durch den Meridian, welche, wenn der Stand der Uhr 0 wäre, gleich der Rectascension des Sternes sein müsste; der Unterschied gegen die Rectascension giebt daher unmittelbar den Stand der Uhr.

Wählt man für diese Beobachtungen die Sonne, so wird man auf die Aenderung der Declination in der Zwischenzeit Rücksicht nehmen müssen. Die hieraus entstehende Correction ist durch die Gleichung (16a) gegeben; $\frac{\delta'+\delta}{2}$ ist dabei die Declination zur Zeit des zwischen den beiden Beobachtungen gelegenen Meridiandurchganges; sei diese δ, und führt man an Stelle von $\delta'-\delta$ die 48stündige Aenderung μ der Declination der Sonne ein (von dem vorhergehen-

den zum nächstfolgenden Mittage) so ist die einstündige Aenderung $\frac{\mu}{48}$ und die Aenderung in der Zeit $u' - u$ wird

$$\delta' - \delta = \frac{\mu}{48}(u' - u) = \frac{\mu}{48} \cdot 2\tau,$$

demnach mit alleiniger Berücksichtigung der ersten Potenz von μ:

$$y = \left(\frac{tang\,\varphi}{sin\,\tau} - \frac{tang\,\delta}{tang\,\tau}\right) \cdot \frac{\mu}{48}\,\tau,$$

welche Formel sich auch schreiben lässt

$$y = \left(tang\,\varphi \cdot \frac{\tau}{sin\,\tau} - tang\,\delta\,\frac{\tau}{tang\,\tau}\right) \cdot \frac{\mu}{48},$$

wobei, wenn τ im Bogenmasse angesetzt wird, wegen μ (welches in Bogensecunden gegeben ist) der Ausdruck in Bogensecunden erhalten wird. Will man denselben in Zeitsecunden, um ihn direkt an die Zeit $\frac{1}{2}(u' + u)$ anzubringen, so wird man noch durch 15 dividiren, und erhält

$$y = \left(tang\,\varphi\,\frac{\tau}{sin\,\tau} - tang\,\delta\,\frac{\tau}{tang\,\tau}\right)\frac{\mu}{720} \qquad (19)$$

und dann:

$$x = \alpha - [\tfrac{1}{2}(u' + u) - y]$$

Beobachtet man Vor- und Nachmittags, so erhält man in dem Ausdrucke $\frac{1}{2}(u' + u)$ nicht die Uhrzeit des wahren Mittags; man nennt die so ermittelte Zeit den unverbesserten Mittag, die Correction $-y$ die Mittagsverbesserung.

Die Berechnung des Ausdruckes y wird vereinfacht, wenn man Tafeln für die Grössen

$$A = -\frac{1}{720}\,\frac{\tau}{sin\,\tau}; \quad B = \frac{1}{720}\,\frac{\tau}{tang\,\tau}$$

mit dem Argumente τ gegeben hat; dann wird die Mittagsverbesserung $z = -y$:

$$z = A\mu\,tang\,\varphi + B\mu\,tang\,\delta \qquad (20)$$

und es wird schliesslich

$$x = \alpha - [\tfrac{1}{2}(u' + u) + z] \qquad (20a)$$

der Stand der Uhr gegen Sternzeit im wahren Mittage, welche durch die Rectacsension der Sonne zur Zeit des Meridiandurchganges gegeben ist. In diesem Falle aber hat man für τ den um die Aenderung der Rectascension in der Zwischenzeit: $\frac{1}{2}(\alpha' - \alpha)$, corrigirten Werth der durch die Sternzeituhr angegebenen Zwischenzeit zu setzen. (Vergl. Formel 13a).

Handelt es sich aber um den Stand einer nach mittlerer Zeit gehenden Uhr, so hat man die Differenz Mittlere Zeit — Uhrzeit zu suchen; diese wird hierbei durch die Beobachtung für den Moment des wahren Mittags (Meridiandurchgang der Sonne) gegeben; die mittlere Zeit im wahren Mittage ist aber die Zeitgleichung Z, daher der Stand einer nach mittlerer Zeit gehenden Uhr gegen richtige mittlere Zeit:

$$x = Z - [\tfrac{1}{2}(u' + u) + z] \qquad (20b)$$

wobei als Argument

$$\tau = \tfrac{1}{2}(t' - t) = \tfrac{1}{2}(u' - u)$$

die halbe Zwischenzeit der Beobachtungen zu setzen ist, da der Stundenwinkel der Sonne gleich ist der wahren Sonnenzeit. Es ist nämlich, wenn W, W' die wahren, M, M' die mittleren Zeiten der Beobachtungen sind:

$$t = W = M + Z; \quad t' = W' = M' + Z$$
$$t' - t = M' - M = (u' - u) + \Delta u$$

Tafeln für z wurden zuerst von GAUSS gegeben, und wurden später in verschiedenen Tafelsammlungen aufgenommen, (z. B. WARNSTORFF's »Hilfstafeln;« ALBRECHT's Formeln und Hilfstafeln für die geographische Ortsbestimmung« etc.)

Um des Nachmittags rechtzeitig zur Beobachtung bereit zu sein, muss man die Zeit des Beginnes genähert vorausberechnen. Hierzu hat man die Uhrzeit im mittleren Mittage $12^h + x$, im wahren Mittage $12^h + x + Z$; ist die Uhrzeit der vormittägigen Beobachtung (bei einer Reihe von Beobachtungen, der letzten Beobachtung) u, so ist die Zwischenzeit:

$$12^h + x + Z - u;$$

Diese Zeit zur Uhrzeit im wahren Mittage hinzugegeben, giebt die Zeit der (ersten) Nachmittagsbeobachtung:

$$24^h + 2(x - M) - u - 12^h = 12^h + 2(x + Z) - u.$$

Häufig wird es wegen der Witterungsverhältnisse erwünscht, Nachmittagsbeobachtungen mit darauffolgenden Vormittagsbeobachtungen zu verbinden; in diesem Falle wird:

$$t = W = M + Z$$
$$t' = 24^h - W' = 24^h - (M' + Z)$$
$$t' - t = 24^h - (M' - M) = 24^h - [(u' - u) + \Delta u]$$

daher der hier zu verwendende Werth τ'

$$\tau' = 12^h - \tau$$

wenn τ dieselbe Bedeutung wie früher hat; y wird daher

$$y = \left(\frac{tang\,\varphi}{sin\,\tau} + \frac{tang\,\delta}{tang\,\tau}\right) \cdot \frac{\mu}{48}(12^h - \tau)$$

oder, da $z = -y$ ist:

$$z = + A\mu f\,tang\,\varphi - B\mu f\,tang\,\delta$$
$$f = \frac{12^h - \tau}{\tau}; \quad \tau = \tfrac{1}{2}[(u' - u) + \Delta u]$$
$$x = Z - [\tfrac{1}{2}(u' + u) + z].$$

Selbstverständlich sind hier δ und Z für den zwischenliegenden Meridiandurchgang, d. h. für die zwischenliegende Mitternacht zu nehmen; $\frac{1}{2}(u' + u)$ ist die unverbesserte Mitternacht; z die Mitternachtsverbesserung.

Beispiel. Das Beispiel auf pag. 148 gab als Mittel der Uhrzeiten

Vormittags: $8^h\ 17^m\ 22^s{\cdot}17$
Nachmittags: $3\ \ 54\ \ 33{\cdot}83$
halbe Zwischenzeit: $\tau = 3^h\ 48^m\ 35^s{\cdot}8 = 3^h{\cdot}810.$

Damit wird, da $\mu = +\ 24'\ 14''{\cdot}9 = 1454''{\cdot}9$ ist:

$log\,\tau = 0{\cdot}5809$	$log\,\tau = 0{\cdot}5809$
$log\,sin\,\tau = 9{\cdot}9243$	$log\,tang\,\tau = 0{\cdot}1900$
$log\,720 = 2{\cdot}8573$	$log\,720 = 2{\cdot}8573$
$log\,A = 7{\cdot}7993$	$log\,B = 7{\cdot}5336$
$log\,\mu = 3{\cdot}1628$	$log\,\mu = 3{\cdot}1628$
$log\,tang\,\varphi = 0{\cdot}0488$	$log\,tang\,\delta = 9{\cdot}5661$
$log\,(A\mu\,tang\,\varphi) = 1{\cdot}0109$	$log\,(B\mu\,tang\,\delta) = 0{\cdot}2625$

$$-A\mu\,tang\,\varphi + B\mu\,tang\,\delta = -10^s{\cdot}25 + 1^s{\cdot}83 = -8^s{\cdot}42$$

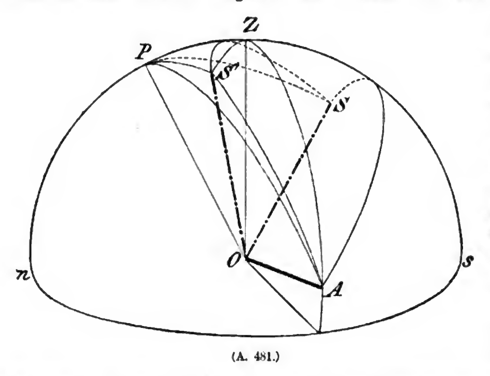
Unverbesserter Mittag	$0^h\ 5^m\ 58^s{\cdot}00$
Mittagsverbesserung	$-\ 8{\cdot}42$
Uhrzeit im wahren Mittage	$0\ \ 5\ \ 49{\cdot}58$
Zeitgleichung	$-\ 3\ \ 39{\cdot}16$
	$x = -\ 9^m\ 28^s{\cdot}74.$

F. Zeitbestimmungen durch Beobachtung von Sternen im Verticale des Polarsternes. (DÖLLENS' Methode). Die Bestimmung der Zeit aus Durchgangsbeobachtungen im Meridian ist an die Bedingung geknüpft, dass man das Azimuth des Instrumentes durch Zuziehung eines Polsternes bestimmt. Allein die Zahl der polnahen Sterne ist nicht allzu gross; vollends am Tage, wie man dieses bei Beobachtungen für geodätische Zwecke häufig in die Lage kommt, zu thun, wird man auf Beobachtungen des hellen Polarsternes allein angewiesen sein, und hierdurch wird man in der Anordnung der Beobachtungen durch die den Zeitbestimmungen einzuräumende Zeit wesentlich behindert.

Man kann sich von dieser Beschränkung frei machen, wenn man ein Passageninstrument benützt, welches in einem beliebigen Azimuthe festzustellen ist (z. B. das Universaltransit, doch kann jedes beliebige Passageninstrument demselben Zwecke dienen, wenngleich für den vorliegenden Zweck die Verstellung rasch und sicher ausgeführt werden muss), dasselbe zu einer gegebenen Zeit in dasjenige Azimuth bringt, welches der Polarstern zu dieser Zeit hat, und man um diese Zeit einen oder mehrere Zeitsterne hinzuzieht, welche eben um diese Zeit dasselbe Azimuth erreichen.

Auf die ganze vorhandene Literatur über diese Methode kann hier nicht eingegangen werden; nebst den zahlreichen Arbeiten DÖLLENS ist in erster Linie die erschöpfende Arbeit von HARZER »Ueber die Zeitbestimmung im Verticale des Polarsternes«, Publicationen der Sternwarte in Kiel, No. X, zu nennen, in welcher über manche Gegenstände, die hier nur kurz erwähnt werden können, nachgesehen werden kann.

Die Lösung der Aufgabe ist bereits in dem beim Universaltransit (s. dieses) gegeben Beispiel enthalten. Allein dort ist angenommen, dass das Instrument fehlerfrei und fehlerfrei aufgestellt ist. Dieses trifft aber nicht zu. Sei die Höhenaxe um den Winkel i gegen den Horizont geneigt (positiv, wenn das westliche Axenende das höhere ist) und das Azimuth dieses Axenendes $90° - k$, so wird man hier ebenfalls i als eine sehr kleine Grösse ansehen können; hingegen wird k beträchtliche Werthe erreichen. Sei A (Fig. 481) das westliche Axenende, Z das Zenith, P der Pol, S' der Polstern, S ein Zeitstern, so wird $ZA = 90° - i$; ferner, da s die Richtung gegen Süden ist, $\sphericalangle sZA = 90° - k$ sein. Sei weiters die Deklination des westlichen Axenendes n, der Stundenwinkel $90° - m$, so ist $PA = 90° - n$, $\sphericalangle sPA = 90° - m$.



(A. 481.)

Für den Zeitstern S, dessen sphärische Coordinaten, Rectascension und Deklination α und δ seien, ist der Stundenwinkel $SPs = t$ (in der Figur negativ oder $360° - t$) und $PS = 90° - \delta$; für den Polstern S' dessen Coordinaten

α', δ' seien, ist der Stundenwinkel $S'Ps = t'$ und $PS' = 90° - \delta'$; endlich soll die Differenz der Stundenwinkel $t' - t$ mit 2τ bezeichnet werden, also

$$t' - t = 2\tau.$$

Der von der Absehenslinie OS beschriebene grösste Kreis wird nur dann durch das Zenith gehen, wenn der Collimationsfehler 0 ist; man kann nun aber annehmen, dass der Collimationsfehler nicht für beide Sterne derselbe ist (die beiden Sterne nicht am selben Faden beobachtet sind); sei derselbe für den Zeitstern S gleich C, für den Polstern S' gleich C', so wird $AS = 90° + C$, $AS' = 90° + C'$ und der grösste Kreis SS' geht nicht durch das Zenith[1]).

Aus dem Dreiecke ASP mit den Seiten $90° + C$, $90° - n$, $90° - \delta$ und dem der ersten Seite gegenüberliegenden Winkel: $90° - m - t$ erhält man:

$$-\sin C = \sin n \sin\delta + \cos n \cos\delta \sin(m + t) \qquad (21\,a)$$

und aus dem Dreiecke $AS'P$ mit den Seiten $90° + C'$, $90° - n$, $90° - \delta'$ und dem der ersten Seite gegenüberliegenden Winkel $90° - m - t'$:

$$-\sin C' = \sin n \sin\delta' + \cos n \cos\delta' \sin(m + t'). \qquad (21\,b)$$

---

*) Als eine strenge Lösung der Aufgabe möge hier die folgende einfache Form angeführt werden: Sei die Entfernung SS' im grössten Kreise gleich d, der Winkel PSS' gleich ξ, $ASS' = 90° + \eta$, $APS = 90° - y$, so erhält man:

1) Aus dem Dreiecke SPS' mit den Seiten: $90° - \delta$, $90° - \delta'$ und d und den gegenüberliegenden Winkeln: $*$, ξ; $360° - t + t' = t' - t = 2\tau$:

$$\begin{aligned} \cos d &= \sin\delta \sin\delta' + \cos\delta \cos\delta' \cos 2\tau \\ \sin d \sin\xi &= \cos\delta' \sin 2\tau \\ \sin d \cos\xi &= \cos\delta \sin\delta' - \sin\delta \cos\delta' \cos 2\tau; \end{aligned} \qquad (a)$$

2) Aus dem Dreiecke ASS' mit den Seiten: $90° + C$, $90° + C'$, d und den gegenüberliegenden Winkeln: $*$, $90° + \eta$, $*$:

$$\sin\eta = \frac{\sin C' - \sin C \cos d}{\cos C \sin d}; \qquad (b)$$

3) Aus dem Dreiecke APS mit den Seiten: $90° - \delta$, $90° - n$, $90° + C$ und den gegenüberliegenden Winkeln: $*$, $90° + (\xi + \eta)$, $90° - y$:

$$\begin{aligned} \sin n &= -\sin C \sin\delta - \cos C \cos\delta \sin(\xi + \eta) \\ \cos n \cos y &= \cos C \cos(\xi + \eta) \\ \cos n \sin y &= -\sin C \cos\delta + \cos C \sin\delta \sin(\xi + \eta); \end{aligned} \qquad (c)$$

4) Aus dem Dreiecke APZ mit den Seiten: $90° - i$, $90° - n$, $90° - \varphi$ und den gegenüberliegenden Winkeln: $90° - m$, $90° + k$, $*$:

$$\sin i = \sin n \sin\varphi + \cos n \cos\varphi \sin m$$

und daraus

$$\sin m = -\tan n \tan\varphi + \sin i \sec n \sec\varphi, \qquad (d)$$

m ist eindeutig bestimmt, da es kleiner als 90° ist, aber positiv oder negativ sein kann.

Da nun

$$t' - t = 2\tau = (u' - \alpha') - (u - \alpha)$$

eine bekannte Grösse ist, so erhält man aus (a) die Grössen d, ξ; aus (b) den Werth von η; aus (c) weiteres n und y, endlich aus (d) den Werth von m, und da schliesslich

$$SPZ = 360° - t = \sphericalangle APS - \sphericalangle APZ = (90° - y) - (90° - m) = m - y$$

ist, so wird

$$t = y - m,$$

demnach, weil $x = t - u + \alpha$ ist:

$$x = \alpha - u + (y - m), \qquad (e)$$

wobei y und m selbstverständlich im Zeitmaass auszudrücken sind. Diese strengen Formeln sind aber in der Rechnung sehr unpraktisch; man könnte aus ihnen wohl auch Näherungsformeln ableiten; doch wäre diese Ableitung weniger übersichtlich, und giebt nicht die einfachsten Rechnungsmethoden, weshalb oben ein anderes Verfahren eingeschlagen wurde.

Die Grössen m und n sind aber leicht durch die auf den Horizont bezogenen Coordinaten i und k des westlichen Axenendes auszudrücken; man erhält aus dem Dreiecke APZ, in welchem

die Seiten $90° - n$, $90° - i$, $90° - \varphi$,

und die gegenüberliegenden Winkel $90° + k$, $90° - m$, *

sind, die Gleichungen

$$\begin{aligned} \sin n &= \sin i \sin\varphi - \cos i \cos\varphi \sin k \\ \cos n \cos m &= \cos i \cos k \\ \cos n \sin m &= \sin i \cos\varphi + \cos i \sin\varphi \sin k. \end{aligned} \tag{22}$$

Substituirt man die Formeln (22) in (21a), so folgt

$$\begin{aligned} -\sin C = \sin i\,(\sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t) \\ - \cos i \sin k\,(\cos\varphi \sin\delta - \sin\varphi \cos\delta \cos t) \\ + \cos i \cos k \cos\delta \sin t \end{aligned}$$

und eine ähnliche Entwickelung für C', in welcher nur δ', t' an Stelle von δ, t steht. Die Werthe von t, t' sind aber nicht bekannt; man hat

$$\begin{aligned} t &= u + x - \alpha \\ t' &= u' + x - \alpha', \end{aligned}$$

wenn u, u' die Uhrzeiten der Beobachtung der beiden Sterne sind. Daher ist

$$t' - t = (u' - \alpha') - (u - \alpha)$$

eine bekannte Grösse. Schreibt man daher

$$\begin{aligned} t' - t &= (u' - \alpha') - (u - \alpha) = 2\tau \\ t' + t &= 2\theta, \end{aligned} \tag{23}$$

so wird

$$t' = \theta + \tau, \quad t = \theta - \tau \tag{23a}$$

und die beiden Gleichungen für $\sin C$, $\sin C'$ werden[1])

$$\begin{aligned} -\sin C = \sin i \cos z\, - \\ - \cos i \sin k\,[\cos\varphi \sin\delta - \sin\varphi \cos\delta \cos(\theta - \tau)] + \\ + \cos i \cos k \cos\delta \sin(\theta - \tau), \end{aligned}$$

wobei der Coeffizient von $\sin i$ durch $\cos z$ ersetzt wurde, da wegen der Kleinheit von i ein genäherter Werth der Zenithdistanz genügen wird.

Diese und die analoge Formel für den zweiten Stern können nun geschrieben werden:

$$\begin{aligned} \cos i \sin k[\cos\varphi \sin\delta - \sin\varphi \cos\delta \cos(\theta - \tau)] - \cos i \cos k \cos\delta \sin(\theta - \tau) = \sin C + \sin i \cos z \\ \cos i \sin k[\cos\varphi \sin\delta' - \sin\varphi \cos\delta' \cos(\theta + \tau)] - \cos i \cos k \cos\delta' \sin(\theta + \tau) = \sin C' + \sin i \cos z'. \end{aligned}$$

Sucht man aus diesen Gleiehungen einmal $\cos i \sin k$, dann $\cos i \cos k$, so erhält man:

$$\begin{aligned} N \cdot \cos i \sin k &= (\sin C + \sin i \cos z) \cos\delta' \sin(\theta + \tau) - (\sin C' + \sin i \cos z') \cos\delta \sin(\theta - \tau) \\ N \cdot \cos i \cos k &= (\sin C + \sin i \cos z)[\cos\varphi \sin\delta' - \sin\varphi \cos\delta' \cos(\theta + \tau)] - \\ &\quad - (\sin C' + \sin i \cos z')[\cos\varphi \sin\delta - \sin\varphi \cos\delta \cos(\theta - \tau)], \end{aligned} \tag{24}$$

wobei

$$N = \cos\varphi \sin(\delta - \delta') \sin\theta \cos\tau + \cos\varphi \sin(\delta + \delta') \cos\theta \sin\tau - \sin\varphi \cos\delta \cos\delta' \sin 2\tau \tag{24a}$$

ist. Eine strenge Lösung würde hieraus erhalten, indem, wenn die rechten Seiten der beiden Gleichungen (24) mit A und B bezeichnet werden,

---

[1]) Man hätte diese Formel auch aus der Betrachtung des Dreieckes zwischen dem Zenith Z, dem Stern S und dem Axenende A in der Form erhalten

$$-\sin C = \sin i \cos z + \cos i \sin z \sin(k + a),$$

wenn z, a Zenithdistanz und Azimuth des Sternes S sind; für a ist aber nunmehr der Stundenwinkel zu substituiren, was mittels der bekannten Formeln auf den obigen Werth führt.

$$N^2 = A^2 + B^2$$

wäre. Da aber rechts noch die Unbekannte θ auftritt, so wäre dies dennoch nur eine indirekte Lösung, welche wesentlich vereinfacht werden kann, wenn man berücksichtigt, dass i, C, C' nur kleine Grössen sind. Für den Fall, dass $i = C = C' = 0$ wäre, d. h. dass das Instrument fehlerfrei und auch fehlerfrei (ohne Axenneigung aber in einem beliebigen Azimuthe k) aufgestellt wäre, würde

$$N \cos i \sin k = 0$$
$$N \cos i \cos k = 0,$$

d. h. für jedes beliebige k der Werth

$$N = 0$$

folgen. Bestimmt man den hieraus folgenden Werth von θ, der mit θ_0 bezeichnet werden soll, so ist

$$\cos\varphi \sin(\delta - \delta') \sin\theta_0 \cos\tau + \cos\varphi \sin(\delta + \delta') \cos\theta_0 \sin\tau - \sin\varphi \cos\delta \cos\delta' \sin 2\tau = 0$$

Setzt man behufs Auflösung dieser Gleichung

$$\begin{aligned} \sin(\delta - \delta') \cos\tau &= m \cos M \\ \sin(\delta + \delta') \sin\tau &= m \sin M, \end{aligned} \qquad (25)$$

so erhält man zur Bestimmung von θ_0 die Gleichung

$$m \sin(M + \theta_0) = \tang\varphi \cos\delta \cos\delta' \sin 2\tau, \qquad (25\text{a})$$

d. i. die aus Anlass derselben Aufgabe beim Universaltransit abgeleitete Gleichung. Sei nun

$$\theta = \theta_0 + 2\vartheta \qquad (26)$$

also 2ϑ die kleine an θ_0 anzubringende Correctionsgrösse, welche den richtigen Werth von θ giebt, so ist

$$N = m \sin(M + \theta) \cos\varphi - \sin\varphi \cos\delta \cos\delta' \sin 2\tau$$

oder da

$$0 = m \sin(M + \theta_0) \cos\varphi - \sin\varphi \cos\delta \cos\delta' \sin 2\tau$$

ist, auch

$$N = m \sin(M + \theta) \cos\varphi - m \sin(M + \theta_0) \cos\varphi =$$
$$= 2m \cos\varphi \sin\frac{\theta - \theta_0}{2} \cos\left(M + \frac{\theta + \theta_0}{2}\right)$$

oder da $\frac{\theta - \theta_0}{2} = \vartheta$ gesetzt wurde

$$N = 2m \cos\varphi \sin\vartheta \cos(M + \theta_0 + \vartheta). \qquad (27)$$

Ferner ist

$$\cos\delta' \sin(\theta + \tau) = \sin z' \sin a'$$
$$\cos\varphi \sin\delta' - \sin\varphi \cos\delta' \cos(\theta + \tau) = - \sin z' \cos a'$$
$$\cos\delta \sin(\theta - \tau) = \sin z \sin a$$
$$\cos\varphi \sin\delta - \sin\varphi \cos\delta \cos(\theta - \tau) = - \sin z \cos a.$$

In denjenigen Ausdrücken, in denen $\sin i$ als Faktor auftritt, kann hier unbedenklich $a' = 180° + a$ angenommen werden, und man erhält dann weiter:

$$\begin{aligned} N \cos i \sin k &= - \sin i \sin a \sin(z' + z) + \sin C \cos\delta' \sin(\theta + \tau) - \sin C' \cos\delta \sin(\theta - \tau) \\ N \cos i \cos k &= + \sin i \cos a \sin(z' + z) + \cos\varphi [\sin C \sin\delta' - \sin C' \sin\delta] - \\ &\quad - \sin\varphi [\sin C \cos\delta' \cos(\theta + \tau) - \sin C' \cos\delta \cos(\theta - \tau)] \end{aligned} \qquad (28)$$

Diese Formeln wären anzuwenden, wenn C und C' grössere Werthe hätten also wenn Beobachtungen berechnet werden sollten, bei denen Polstern und Zeitstern jeder an einem anderen Seitenfaden beobachtet ist. Die Auflösung der Gleichungen wäre dann indirekt, indem zunächst für θ ein Näherungswerth θ_0 eingeführt würde, mit welchem die rechten Seiten von (28) zu berechnen sind. Damit folgen Werthe von N und k, ($\cos i$ kann unbedenklich gleich 1 angenommen werden), und mit dem so erhaltenen Werthe von N folgt aus (27)

der Werth von ϑ, somit nach (26) ein besserer Werth für θ, mit welchem die Rechnung zu wiederholen wäre.

Dieser Rechnungsmechanismus wird aber aus zwei Gründen nicht praktisch; denn erstens wäre eben die Rechnung indirekt, und zweitens werden ja die Sterne nicht an einzelnen Fäden beobachtet, sondern an mehreren. Gerade dieser letztere Umstand, welcher speciell eine willkürliche Combination von Fäden des Polsternes und Zeitsternes erfordern würde, legt die Notwendigkeit einer anderen Lösung nahe. Auch hier wird es wieder praktisch, die sämmtlichen Beobachtungen auf einen Mittelfaden zu reduciren, dessen Collminationsfehler möglichst klein gehalten werden kann. Wird dieses zunächst vorausgesetzt, d. h. sind u, u' die beobachteten Uhrzeiten am Mittelfaden, für welchen $C = C' = c$ sehr klein ist, so kann man für die Coëfficienten von c dieselben Substitutionen vornehmen, wie dieselben oben für die Coefficienten von $\sin i$ vorgenommen wurden, und man erhält dann, wenn noch $\cos i = 1$ gesetzt wird:

$$N \sin k = - \sin i \sin (z' + z) \sin a - \sin c (\sin z' + \sin z) \sin a$$
$$N \cos k = + \sin i \sin (z' + z) \cos a + \sin c (\sin z' + \sin z) \cos a,$$

aus welchen Gleichungen man N und k sofort ermitteln kann. Man findet leicht

$$N = \sin i \sin (z' + z) + \sin c (\sin z' + \sin z); \quad k = - a,$$

wonach ϑ aus der Gleichung folgt

$$2m \cos \varphi \sin \vartheta \cos (M + \theta_0 + \vartheta) = \sin i \sin (z' + z) + \sin c (\sin z' + \sin z) \quad (29)$$

und mit Rücksicht auf die Kleinheit der Werthe von i und c:

$$\vartheta = \frac{i \sin (z' + z) + c (\sin z' + \sin z)}{2m \cos \varphi \cos (M + \theta_0)},$$

daher

$$\theta = \theta_0 + \frac{i \sin (z' + z) + c (\sin z' + \sin z)}{m \cos \varphi \cos (M + \theta_0)}. \quad (30)$$

Diese Art der Auflösung knüpft sich aber an die Bedingung, dass die Collimationsfehler klein sind, d. h. dass die Seitenfäden auf den Mittelfaden reducirt sind. Sei also

$$C = c - f$$

wobei f der Abstand des Seitenfadens vom Mittelfaden, positiv oder negativ ist, je nachdem der Seitenfaden später oder früher als der Mittelfaden getroffen wird, so folgt aus (21), wenn man unter υ die Reduction vom Seitenfaden auf den Mittelfaden versteht, d. h. die Zeit, welche der Stern braucht, um vom Mittelfaden zum Seitenfaden, oder von diesem zum Mittelfaden zu kommen:

$$- \sin c = \sin n \sin \delta + \cos n \cos \delta \sin (m + t)$$
$$- \sin (c - f) = \sin n \sin \delta + \cos n \cos \delta \sin (m + t + \upsilon).$$

Subtrahirt man hier die erste Gleichung von der zweiten, so erhält man

$$\sin c - \sin (c - f) = \cos n \cos \delta [\sin (m + t + \upsilon) - \sin (m + t)]$$

oder

$$2 \sin \frac{f}{2} \cos \left(\frac{f}{2} - c\right) = 2 \cos n \cos \delta \sin \frac{\upsilon}{2} \cos \left(m + t + \frac{\upsilon}{2}\right).$$

Da hier die Berechnung von n und m nöthig wäre, weil dessen Werthe wegen der Aufstellung des Instrumentes ausserhalb des Meridians nicht sehr klein vorausgesetzt werden dürfen, so ist es nöthig, statt derselben i und k einzuführen, zu welchem Zwecke rechts $\cos \left(m + t + \frac{\upsilon}{2}\right)$ aufzulösen ist. Es wird:

$$2\,sin\frac{f}{2}\,cos\left(\frac{f}{2}-c\right)=2\,cos\,\delta\,sin\frac{\upsilon}{2}\left[cos\,n\,cos\,m\,cos\left(t+\frac{\upsilon}{2}\right)-cos\,n\,sin\,m\,sin\left(t+\frac{\upsilon}{2}\right)\right]$$

und durch Substitution der Ausdrücke aus (23) nach einiger Reduction:

$$2\,sin\frac{f}{2}\,cos\left(\frac{f}{2}-c\right)=2\,cos\,\delta\,sin\frac{\upsilon}{2}\left\{-\,sin\,i\,cos\,\varphi\,sin\left(t+\frac{\upsilon}{2}\right)+\right.$$

$$\left.+\,cos\,i\left[cos\frac{\upsilon}{2}(cos\,k\,cos\,t-sin\,\varphi\,sin\,k\,sin\,t)-sin\frac{\upsilon}{2}(cos\,k\,sin\,t+sin\,\varphi\,sin\,k\,cos\,t)\right]\right\}.$$

Ist nun a das Azimuth des Zeitsternes bei seinem Durchgange durch den Mittelfaden, so ist $k=-a$ (die oben für den Mittelfaden abgeleitete Beziehung); da aber, wenn q den parallaktischen Winkel, im Momente des Sterndurchgangs durch den Mittelfaden bedeutet, die Beziehungen gelten:

$$cos\,q=cos\,t\,cos\,a+sin\,t\,sin\,a\,sin\,\varphi$$
$$-\,sin\,\delta\,sin\,q=sin\,t\,cos\,a-cos\,t\,sin\,a\,sin\,\varphi\,,$$

so wird

$$sec\,\delta\,sin\frac{f}{2}\,cos\left(\frac{f}{2}-c\right)=cos\,i\,cos\,q\,sin\frac{\upsilon}{2}\,cos\frac{\upsilon}{2}\left[-\,tang\,i\,\frac{cos\,\varphi}{cos\,q}\,\frac{cos\left(t+\frac{\upsilon}{2}\right)}{cos\frac{\upsilon}{2}}+1+\right.\qquad(\alpha)$$

$$\left.+\,tang\frac{\upsilon}{2}\,sin\,\delta\,tang\,q\right].$$

Die Reductionen werden nun etwas verschieden für Zeit- und Polsterne sein.

1) Für Zeitsterne hat man, da $sec\,\delta$ mässig ist, i sehr klein gehalten werden kann, und in der Nähe des Meridians auch q klein ist, υ gegenüber f nur mässig vergrössert; man kann daher wegen der Kleinheit von c in diesem Falle $cos\left(\frac{f}{2}-c\right)$ durch $cos\,\frac{f}{2}$ ersetzen, und ebenso werden in dem Coëfficienten von i die $cos\,\frac{\upsilon}{2}$ und $cos\left(t+\frac{\upsilon}{2}\right)$ gleich 1 gesetzt werden können, und es wird daher

$$sin\,f\,sec\,\delta\,sec\,i\,sec\,q=sin\,\upsilon\left[1+sin\,\delta\,tang\,q\,tang\frac{\upsilon}{2}-i\,arc\,1''\,cos\,\varphi\right].$$

Die Correction $i\,arc\,1''\,cos\,\varphi$ wird nun selbst für grössere Deklinationen noch ausreichend in dieser Form berücksichtigt, während für kleinere δ dieser Betrag auf die Correction von $sin\,\upsilon$ einen merklichen Einfluss überhaupt nicht hat, so dass man für Zeitsterne

$$sin\,\upsilon=\frac{sin\,f\,sec\,\delta\,sec\,q}{1+sin\,\delta\,tang\,q\,tang\frac{\upsilon}{2}}$$

setzen kann. Das Auftreten des parallaktischen Winkels in dieser Formel berücksichtigt in der Reduction auf den Mittelfaden die Abweichung des Instrumentes vom Meridian. Für den Meridian selbst wird $q=0$; für Zeitsterne kann man übrigens noch genügend genau den Bogen mit dem Sinus vertauschen, und hat dann

$$\upsilon=\frac{f\,sec\,\delta\,sec\,q}{1+\frac{1}{2}\,\upsilon\,sin\,\delta\,tang\,q}$$

oder

$$\upsilon=f\,sec\,\delta\,sec\,q-\tfrac{1}{2}f^2\,arc\,1''\cdot tang\,\delta\,sec\,\delta\,tang\,q\,sec^2q\qquad(31\,a)$$
$$u_m=u_s-\upsilon\,,$$

wenn u_s die Antrittszeit des Sternes am Seitenfaden, und u_m die zugehörige Zeit des Mittelfadens ist.

Ein Stern, dessen Rectascension α ist, kommt für einen ganz bestimmten Stundenwinkel in den Vertical des Polarsternes, worüber unten gesprochen wird, diesem Stundenwinkel und seiner Deklination entspricht ein ganz bestimmter parallaktischer Winkel q; man kann demnach für jeden Zeitstern, ebenso wie man seine Reductionen auf den Mittelfaden für den Durchgang durch das Fadennetz eines Meridianinstrumentes bestimmen kann, auch die Reductionen υ ermitteln für den Durchgang durch den Vertical des Polarsternes. Diese werden hier aber nicht nur von seiner Deklination, sondern auch von seiner Rectascension abhängen, denn diese bestimmt das zugehörige Azimuth des Polarsternes und damit den Werth von q. Mit Berücksichtigung des zweiten Gliedes würden die Fadenreductionen etwas verschieden für beide Kreislagen. Die Formeln (31a) bestimmen nämlich die Reductionen vom späteren Seitenfaden auf den Mittelfaden[1]. Für einen Faden, der vor dem Mittelfaden passirt wird, ist der Collimationsfehler $C = c + f$ (gemessen vom westlichen Axenende); die Reduction υ ändert daher ebenso wie die Fadendistanz f das Zeichen, und es wird

$$\upsilon' = f \sec\delta \sec q + \tfrac{1}{2} f^2 \tang\delta \sec\delta \tang q \sec^2 q \qquad (31\,b)$$
$$u_m = u_s + \upsilon',$$

oder, wenn δ wesentlich grösser wird:

$$\sin\upsilon = \frac{\sin f \sec\delta \sec q}{1 \mp \sin\delta \tang q \tang\frac{\upsilon}{2}}; \quad u_m = u_s \pm \upsilon \qquad (31\,c)$$

wo die oberen Zeichen für vorangehende, die unteren für folgende Seitenfäden gelten[2]. Meist wird nun aber das zweite Glied in (31a), (31b) vernachlässigt werden, und dann ist die Reduction einfach

$$\upsilon = f \sec\delta \sec q \qquad (31\,d)$$

Harzer schlägt vor, den Zeitstern nur an der einen Hälfte der Fäden zu beobachten, bis zu einer gewissen, nicht zu kleinen Entfernung vom Mittelfaden, dann rasch umzulegen, und den Stern neuerdings an denselben Fäden, jetzt in der anderen Kreislage zu beobachten. Da in diesen beiden Fällen das erste Glied der Reduction in (31a), (31b) oder (31d) das entgegengesetzte Zeichen erhält, so wird es im Mittel wegfallen, und man braucht die Reductionen auf den Mittelfaden überhaupt nicht zu rechnen, wenn man vom zweiten Gliede absehen kann. Ueberdies ist dann $c = 0$ zu setzen, da man auf einen ideellen Mittelfaden reducirt, dessen Collimationsfehler gleich Null ist. Geht dabei aber ein Faden auf der einen Seite verloren, so muss derselbe Faden auf der anderen Seite als unvollständig ebenfalls weggelassen werden. Diese Methode scheint daher gegen die von Döllen früher vorgeschlagene doch keine wesentlichen Vorzüge zu haben; selbst bei völlig sicherem Umlegen wird man stets in die Unannehmlichkeit versetzt, einen oder den anderen gut brauchbaren Faden weglassen zu müssen. Auch wird man bei kleinen Deklinationen weit vom Mittelfaden aufhören müssen, um Zeit zum Umlegen zu haben[3]. Wahrscheinlich

---

[1] Dieser Seitenfaden liegt im Mikrometer des geraden Fernrohres östlich vom Mittelfaden.

[2] Dass f bei Aenderung der Kreislage dasselbe bleibt, aber der Faden in der einen Kreislage vor, in der anderen nach dem Mittelfaden angetreten wird, muss bei der Reduction selbstverständlich berücksichtigt werden; anders ausgesprochen: die Reihenfolge der Fäden kehrt sich beim Umlegen oder Durchschlagen des Fernrohres um.

[3] Ich beobachtete an einem Universalinstrumente, dessen 9 Fäden, Mittelfaden und 4 Fäden jederseits von Aequatorsternen in etwa 2^m passiert wurden. Es war daher unmöglich umzulegen, oder selbst nur durchzuschlagen.

waren es diese Umstände (nicht aber, wie HARZER meint, die Abneigung DÖLLEN's gegen das Umlegen), welche DÖLLEN bestimmten, den Zeitstern völlig in einer Kreislage zu beobachten. In der That fällt die Mehrarbeit bei der Berechnung der Fadenreductionen fast nicht ins Gewicht, wenn man Tafeln für dieselben hat.

2) Für Polsterne hat man zu unterscheiden, ob man in der Nähe des Meridiandurchganges oder in der Nähe der grössten Digression beobachtet, was wieder von der Rectascension des Sternes abhängt. Für Zeitsterne, deren Rectascension zwischen 21^h und 5^h, und zwischen 9^h und 17^h liegen, wird der Durchgang durch den Vertical des Polaris noch mässig weit von der grössten Digression desselben stattfinden; für Sterne hingegen, deren Rectascension zwischen 5^h und 9^h und zwischen 17^h und 21^h liegen, wird der Polarstern zur Zeit des Sterndurchganges sich in der Nähe der grössten Digression befinden.

a) Im ersten Falle wird man den Polarstern an einem oder zwei Seitenfäden beobachten können. Statt der Seitenfäden kann auch nach HARZER's Vorschlag der Durchgang durch einen beweglichen Mikrometerfaden beobachtet werden, wenn die Stellung desselben durch die Lesung L an der Trommel ermittelt wird. Mit der Ablesung L_0 für die Conicidenz des beweglichen Fadens mit dem Mittelfaden und dem Werth der Schraubenrevolution R ergiebt sich der Abstand des Mikrometerfadens vom Mittelfaden gleich $R(L - L_0)$; das Zeichen braucht nicht angesetzt zu werden, wenn man bei der Reduction berücksichtigt, ob der Fadenantritt vor oder nach dem Mittelfaden stattfindet.

Die zu verwendende Formel ist wieder (α). Da der Polstern nur in sehr geringen Entfernungen vom Mittelfaden beobachtet werden wird, so wird $\cos\left(\frac{f}{2} - c\right)$ wieder durch $\cos\frac{f}{2}$ ersetzt werden können, und es entsteht links $\frac{1}{2}\sin f \sec\delta$; i beträgt nur wenige Bogensecunden, und selbst für die genaueste siebenstellige Rechnung kann $\cos i = 1$ angenommen werden, so dass

$$\sin\upsilon = \frac{\sin f \sec\delta \sec q}{1 \mp \sin\delta \operatorname{tang} q \operatorname{tang}\frac{\upsilon}{2} - i \operatorname{arc} 1'' \frac{\cos\varphi}{\cos q} \frac{\cos\left(t + \frac{\upsilon}{2}\right)}{\cos\frac{\upsilon}{2}}} \tag{32}$$

$$u_m = u_s \pm \upsilon .$$

wird, wobei wieder die oberen Zeichen für vorangehende, die unteren für folgende Fäden gelten.

Für den Polstern kann q jeden beliebigen Werth annehmen; für die grösste Digression ist es 90°, und die Formel wird unanwendbar. Beschränkt man den Fall a) auf die oben angegebenen Grenzen, zwischen den Rectascensionen der Sterne von 21^h und 5^h und zwischen 9^h und 17^h, und nimmt, was ja durch die richtige Einstellung des Instrumentes zu erzielen ist, den Polarstern nahe dem Mittelfaden, so wird man die Formel (32) noch etwas vereinfachen können. Da nämlich υ in Folge der Kleinheit von f ebenfalls noch klein ist, so kann man in dem Faktor von i auch $\cos\frac{\upsilon}{2} = 1$, und $\cos t$ an Stelle von $\cos\left(t + \frac{\upsilon}{2}\right)$ setzen, und der Nenner wird:

$$1 \mp \sin\delta \operatorname{tang} q \operatorname{tang}\frac{\upsilon}{2} - i \operatorname{arc} 1'' \frac{\cos\varphi}{\cos q} \cos t ,$$

so dass υ nur im ersten Zusatzgliede enthalten ist. Setzt man hier

$$tang\,\frac{\upsilon}{2} = \tfrac{1}{2}\sin\upsilon + \tfrac{1}{8}\sin\upsilon^3\,,$$

so wird, wenn für einen Augenblick Kürze halber

$$\sin\upsilon = z,\quad \sin\delta\, tang\, q = \alpha$$

$$\frac{\sin f \sec\delta \sec q}{1 - i\dfrac{\cos\varphi}{\cos q}\cos t} = \beta$$

gesetzt wird:

$$z\left[1 \mp \left(\frac{z}{2} + \frac{z^3}{8}\right)\alpha\right] = \beta$$

und daraus durch Umkehrung der Reihe:

$$z = \beta \pm \frac{\alpha}{2}\beta^2 + \frac{\alpha^2}{2}\beta^3 \pm \frac{\alpha\beta^3}{8}\,,$$

oder mit Vernachlässigung der von β^3 abhängigen Glieder

$$\sin\upsilon = \frac{\sin f \sec\delta \sec q}{1 - i\dfrac{\cos\varphi}{\cos q}\cos t} \pm \frac{\sin\delta\, tang\, q}{2}\sin^2 f \sec^2\delta \sec^2 q.$$

Das von der Neigung abhängige Glied wird in den meisten Fällen wegen der Kleinheit von f vernachlässigt werden können. Setzt man

$$A = \tfrac{1}{15}\sec\delta \sec q$$
$$B = \pm\tfrac{1}{30}\, tang\,\delta \sec\delta\, tang\, q \sec^2 q\; arc\, 1''\,,$$

so wird

$$\upsilon = Af + Bf^2 + Red.,$$

wobei Red. die Reduction vom Sinus auf den Bogen bedeutet, und da von den Coëfficienten A, B bereits der 15. Theil genommen wurde, υ in Zeitsecunden erhalten wird. Die Werthe von A, B können für eine gegebene Polhöhe und die verschiedenen Sterne (deren Rectascensionen den Stundenwinkel also auch q für den Polarstern bestimmen) nebst der Aenderung derselben mit der Zeit, welche aus der Aenderung der Deklination des Polarsternes und der Aenderung der Rectascensionen entspringt, tabulirt werden.

b) Die Beobachtung fällt in die Nähe der grössten Digression des Polarsterns. Reductionen auf den Mittelfaden werden hier unanwendbar. Die langsame Bewegung des Polsternes wird es hier erfordern, dass man den Polstern direkt am Mittelfaden einstellt und den Durchgang des Zeitsternes in dem eingestellten Azimuthe beobachtet.

Untersuchungen über die Fehler, über die zweckmässigste Wahl der Sterne u. s. w. müssen hier unterbleiben, und kann auf die diesbezügliche, bereits mehrfach erwähnte Abhandlung von HARZER verwiesen werden. Es genügt hier, die Resultate anzuführen: Ein merkbarer Einfluss der fehlerhaften Stellung der Fäden, der Fadenplatte oder des Objectivs auf die Resultate ist nicht zu befürchten (pag. 32); die Strahlenbrechung wird ebenso wie bei Meridiandurchgängen berücksichtigt, indem man unter Benutzung der wahren Sternörter die mit $(1 + k)$ multiplicirten Fadenabstände als wahre betrachtet (ibid., pag. 33) vergl. auch den Artikel »Meridiankreis« III. Band I. Hälfte, pag. 10.

Die Beobachtungen werden so angeordnet, dass zuerst der Polstern beobachtet wird[1]), sodann der Durchgang des Zeitsterns durch die Fäden des im

[1]) Es ist praktisch, den Polstern zuerst zu beobachten, da eine mässige Anderung im Azimuth, die sich beim Zeitstern nicht sichtbar macht, den Polstern in grössere Entfernung vom Mittelfaden bringt.

Azimuth unverändert gehaltenen Instrumentes, und schliesslich nochmals der Polstern; man kann hierbei, wenn die Bewegung des Sternes nicht zu schnell ist (nördlichere Sterne), auch nach der Beobachtung des Sterns an einer Reihe von Fäden vor dem Mittelfaden umlegen und weiter den Stern an denselben Fäden in der anderen Kreislage beobachten, oder aber, was in manchen Fällen noch vorzuziehen sein wird, den Zeitstern an sämmtlichen Fäden in derselben Kreislage beobachten; wenn keine weiteren Beobachtungen anschliessen, so erfolgt die Bestimmung des Collimationsfehlers durch anderweitige Beobachtungen.

Hat man während der Beobachtung des Zeitsterns umgelegt und nimmt man für den Zeitstern das Mittel der Uhrzeiten für jeden einzelnen Faden aus den beiden Kreislagen, so wird man zweckmässig für den Polstern die Durchgänge in der zweiten Kreislage ebenfalls bei denselben Trommelablesungen der Mikrometerschraube vornehmen, und dann fällt im Mittel auch der Collimationsfehler weg, da man hierbei gleichsam auf einen ideellen Mittelfaden, für welchen $c = 0$ ist, reducirt.

Beobachtet man mehrere Zeitsterne, so kann jeder in dem ihm zugehörigen Azimuthe des Polarsternes beobachtet werden und dann wird zwischen zwei Sternen auch umgelegt (s. unten).

In allen Fällen bedarf man einer guten Vorausberechnung, um das Azimuth und die Zeit der Beobachtung zu kennen. Für diesen Zweck wird es am besten sein, eine Ephemeride des Polarsternes (Azimuthe und Zenithdistanzen mit dem Argumente Sternzeit) für die gegebene Polhöhe zu Grunde zu legen, aus welcher man für eine beliebige Sternzeit θ das Azimuth A_p und die Zenithdistanz Z_p des Polaris entnehmen kann[1]). Für einen Stern S, dessen Rectascension α ist, ist die Aenderung des Azimuthes gegeben durch

$$\frac{dA}{dt} = \frac{\cos\delta \cos q}{\sin z},$$

wofür man in der Nähe des Meridians ausreichend genau setzen kann:

$$\frac{dA}{dt} = \frac{\cos\delta}{\sin(\varphi - \delta)}.$$

Diesen Werth kann man mit dem Argumente δ für eine gegebene Polhöhe tabuliren; da aber A im Bogenmaasse, t im Zeitmaasse gegeben ist, so wird

$$\left(\frac{dA}{dt}\right)' = 15\,\frac{\cos\delta}{\sin(\varphi - \delta)}.$$

die Aenderung des Azimuthes (in Bogenminuten) in einer Zeitminute. Noch besser wird es, den Werth von

$$\mathfrak{A} = 1 : \left(\frac{dA}{dt}\right)' = \tfrac{1}{15}\,\frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos\delta} \qquad \text{(a)}$$

zu tabuliren. Entspricht der Sternzeit α (Durchgang des Sternes durch den Meridian) das Azimuth A_p des Polarsternes, positiv westlich, negativ östlich vom Meridian, so wird die Zeit x, welche der Stern braucht, um in dieses Azimuth zu kommen, durch die Gleichung bestimmt:

$$x = A_p : \left(\frac{dA}{dt}\right)'$$

oder

$$x = \mathfrak{A}.\ A_p \qquad \text{(b)}$$

---

[1]) Diese Tafel wird zwar nicht immer gültig sein, aber immerhin durch etwa 10 Jahre, d. i. 5 der Epoche vorangehende und 5 folgende beibehalten werden können.

und es ist x gleichbezeichnet mit A_p, daher die Sternzeit des Durchganges des Sternes durch den Vertical des Polaris

$$\theta_* = \alpha - x \tag{c}$$

($\theta_* < \alpha$, wenn x positiv, nämlich der Polaris westlich, daher der Stern östlich vom Meridian ist; $\theta_* > \alpha$, wenn x negativ ist. Für Zeitsterne nördlich vom Zenith, die aber in der Praxis nicht gewählt werden, gilt wegen des negativen Zeichens von $\mathfrak{A}$ dieselbe Bezeichnung $\theta_* = \alpha - x$).

Die Werthe der $\mathfrak{A}$ lassen sich leicht in eine Tafel bringen. Ich habe eine solche Tafel für $\varphi = 35°$ bis $65°$ und für Zenithdistanzen von Sternen zwischen 20° bis 60° berechnet, und theile sie hier mit.

δ = \ φ =	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°
								$\mathfrak{A}$ = 0·0								
− 25°	637	643	649	655	661	667										
− 20	581	588	595	602	608	614	620	626	632	638	643					
− 15	529	536	544	551	558	565	572	579	585	592	598	604	609	615	620	625
− 10	479	487	495	503	511	519	526	533	541	548	554	561	568	574	580	586
− 5	430	439	448	456	465	473	481	489	497	505	513	520	527	534	541	548
0	382	392	401	410	419	428	437	446	455	463	471	480	488	495	503	511
+ 5	335	345	355	364	374	384	393	403	412	421	430	439	448	456	465	473
+ 10	286	297	307	318	328	338	349	359	369	379	388	398	407	417	426	435
+ 15	236	247	259	270	281	292	302	313	324	335	345	355	366	376	386	396
+ 20	184	195	207	219	231	243	254	266	277	288	300	311	322	333	344	355
+ 25						190	203	215	227	239	252	264	275	287	299	311
+ 30											199	212	225	238	251	263

δ = \ φ =	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	60°	61°	62°	63°	64°	65°
								$\mathfrak{A}$ = 0·0								
− 10°	586	592	598	603	608	613										
− 5	548	555	561	567	574	580	585	591	596	601	606					
0	511	518	525	532	539	546	553	559	565	571	577	583	588	594	599	604
+ 5	473	481	489	497	505	513	520	527	534	541	548	555	561	567	574	580
+ 10	435	444	453	462	470	479	487	495	503	511	519	526	533	541	548	554
+ 15	396	406	415	425	434	444	453	462	471	479	488	496	505	513	521	529
+ 20	355	365	376	386	397	407	417	427	437	446	456	465	475	484	493	502
+ 25	311	322	334	345	357	368	379	390	401	411	422	432	443	453	463	473
+ 30	263	276	288	301	313	325	337	349	361	373	385	396	408	419	430	441
+ 35	211	224	238	251	265	278	292	305	318	331	344	357	369	382	394	407
+ 40						225	240	254	269	283	298	312	326	340	354	368
+ 45											245	260	276	291	307	322

Diese Tafeln werden immer ausreichen. Eine grössere Genauigkeit würde erfordern, auch die Aenderung des Azimuthes des Polaris zu berücksichtigen. Sei dieselbe für den betrachteten Zeitmoment, d. h. für einen Zeitstern, dessen Rectascension α ist, gleich $15\left(\frac{dA}{dt}\right)_p$, so wird das Azimuth des Polaris zur Zeit $\alpha - x$ gleich

$$A_p - 15\left(\frac{dA}{dt}\right)_p x$$

und demnach müsste

$$A_p - 15\left(\frac{dA}{dt}\right)_p x = 15\left(\frac{dA}{dt}\right)_* x,$$

folglich

$$x = \frac{1}{15}\,\frac{A_p}{\left(\frac{dA}{dt}\right)_* + \left(\frac{dA}{dt}\right)_p}.$$

sein. Endlich muss, da man Zeit- und Polstern nicht gleichzeitig beobachten kann, die Beobachtung des Polarsterns um Δ früher begonnen werden, so dass man als Zeit des Beginnes der Beobachtungen $\alpha - x - \Delta$ nehmen muss. Die Zenithdistanz des Polaris folgt aus der Ephemeride, für diejenige des Zeitsterns kann seine Meridianzenithdistanz

$$Z_* = \varphi - \delta \tag{d}$$

genommen werden. Der parallaktische Winkel des Zeitsterns folgt aus

$$\sin q = \frac{\cos\varphi}{\cos\delta}\sin A_p = \frac{\cos\varphi\sin t}{\sin z} \tag{e}$$

Da man nur $\cos q$ braucht, so wird die geringe Aenderung, welche aus der Einstellungsänderung $\left(\frac{dA}{dt}\right)_*$ folgt, belanglos; dann können die Fadenreductionen für jeden Stern nach

$$\upsilon = f\sec\delta\sec q \tag{f}$$

berechnet werden oder man rechnet eine Deklination δ_0 nach

$$\cos\delta_0 = \cos\delta\cos q \tag{g}$$

und entnimmt die Fadenreductionen einer allgemeinen Tafel der Fadenreductionen mit der Deklination δ_0 [wegen $\upsilon = f\sec\delta_0$].

Die Werthe Θ_*, Z_*, A_p, Z_p, δ_0 können für diejenigen Sterne, welche man für diese Beobachtungen wählt, für einen gegebenen Beobachtungsort tabulirt werden. Die Berechnung der Beobachtungen erfolgt nach

$$\begin{gathered}
\tau = \tfrac{1}{2}[(u' - u) - (\alpha' - \alpha)] \\
m\cos M = \sin(\delta - \delta')\cos\tau \\
m\sin M = \sin(\delta + \delta')\sin\tau \\
m\sin(M + \Theta_0) = \tang\varphi\cos\delta\cos\delta'\sin 2\tau \\
\Theta = \Theta_0 + \frac{i\sin(z + z') + c(\sin z + \sin z')}{m\cos\varphi\cos(M + \Theta_0)}. \\
t = \Theta - \tau;\quad x = t + \alpha - u
\end{gathered} \tag{A}$$

oder

$$x = (\Theta_0 - \tau) + (\alpha - u) + \frac{i\sin(z + z') + c(\sin z + \sin z')}{m\cos\varphi\cos(M + \Theta_0)}.$$

Da $M + \Theta_0$ nahe $180°$ und m nahe $\cos\delta$ ist, so kann man für dem Aequator nahe Sterne die Correction wegen Neigung auch einfach schreiben:

$$\frac{i\sin(z + z')}{\cos\varphi}.$$

Die Formeln (A) lassen sich noch in eine andere Form bringen, die mitunter vorgezogen werden kann. Man erhält nämlich durch Einführung der Poldistanz $p = 90° - \delta'$ des Polaris

$$\begin{gathered}
m\sin M = \sin\tau\cos(\delta - p) \\
m\cos M = -\cos\tau\cos(\delta + p).
\end{gathered}$$

Multiplicirt man diese Gleichungen mit $\cos\tau$ und $\sin\tau$ und addirt, so folgt

$$m\sin(M + \tau) = \sin\delta\sin p\sin 2\tau,$$

während die Gleichung für Θ_0 in

$$m \sin (M + \theta_0) = \tang^2 \varphi \cos \delta \sin p \sin 2\tau$$

übergeht. Daraus folgt:

$$m[\sin (M + \theta_0) - \sin (M + \tau)] = 2m \cos \left(M + \tau + \frac{\theta_0 - \tau}{2}\right) \sin \frac{\theta_0 - \tau}{2} =$$

$$= \sin p \sin 2\tau \frac{\sin (\varphi - \delta)}{\cos \varphi}.$$

Man sieht übrigens, dass M sehr nahe $180° - \tau$ ist; setzt man daher

$$M = 180° - \tau - \pi,$$

so folgt durch einfache Umformung (Multiplication der beiden Gleichungen für $m \sin M$ und $m \cos M$ mit $\cos \tau$ und $\sin \tau$, bezw. mit $- \sin \tau$ und $\cos \tau$ und Addition):

$$m \sin \pi = \sin \delta \sin p \sin 2\tau \qquad (A')$$

$$m \cos \pi = \cos (\delta + p) \cos^2 \tau + \cos (\delta - p) \sin^2 \tau$$

und dann

$$\sin \frac{\tau - \theta_0}{2} \cos \left(\pi + \frac{\tau - \theta_0}{2}\right) = \frac{\sin p \sin 2\tau \sin (\varphi - \delta)}{2m \cos \varphi}$$

oder

$$- \sin \frac{t_0}{2} = \sin \frac{\tau - \theta_0}{2} = \frac{\sin \pi \sin (\varphi - \delta)}{2 \sin \delta \cos \varphi \cos \left(\pi + \frac{\tau - \theta_0}{2}\right)}. \qquad (A'')$$

Meist wird auch π und $\frac{\tau - \theta_0}{2}$ so klein sein, dass man $m \cos \left(\pi + \frac{\tau - \theta_0}{2}\right)$ durch $m \cos \pi$ ersetzen kann, und es wird einfach

$$\sin \frac{t_0}{2} = - \frac{\sin p \sin 2\tau \sin (\varphi - \delta)}{2 \cos \varphi [\cos \delta \cos p - \sin \delta \sin p \cos 2\tau]}.$$

Bei passender Anordnung der Beobachtungen kann man auf Stationen diese Methode gleichzeitig zu Zeitbestimmungen, Polhöhenbestimmungen und Azimuthbestimmungen verwenden. Liest man nämlich bei jeder Einstellung des Fernrohres auch den Horizontal- und Verticalkreis, so erhält man aus der Lesung des Verticalkreises die Polhöhe (Circummeridianzenithdistanzen) und aus den Lesungen des Horizontalkreises verbunden mit der genauen Berechnung des Azimuthes des Polarsterns (nachdem die Zeit aus den Durchgängen ermittelt ist) den Meridianpunkt des Kreises, wodurch die Einstellung auf ein irdisches Object sofort dessen Azimuth giebt. Das Schema für die Anordnung der Beobachtungen wird damit das folgende:

a) Polaris zwischen den Horizontalfäden; Uhrzeit und Lesung am Verticalkreise.

Polaris; Uhrzeit des Durchganges an 2 Seitenfäden (2 Einstellungen des Mikrometerfadens); Lesung am Horizontalkreise.

Erster Zeitstern im unveränderten Azimuthe; Durchgang durch alle Fäden; Einstellung am Mittelfaden zwischen den Horizontalfäden und Lesung am Verticalkreise.

b) Dasselbe für einen zweiten Zeitstern.

Umlegen.

c) Polaris und 2 andere Zeitsterne, wobei die Einstellung des Mikrometerfadens für die Polarisbeobachtungen dieselben sind wie oben, nur in umgekehrter Reihenfolge.

Ein solcher Satz giebt daher nebst der Zeitbestimmung 4 Zenithdistanzen des Polaris, 4 Zenithdistanzen von Südsternen (für die Breitenbestimmung ist es dabei gut, wenn die Zeitsterne nahe dieselbe Zenithdistanz haben wie der Polstern) und 4 Azimuthlesungen.

Beispiel. Für die Polhöhe von Wien 48° 12'·8 folgt aus der Tafel der $\mathfrak{A}$ die folgende Specialtafel:

δ	$\mathfrak{A}$	δ	$\mathfrak{A}$	δ	$\mathfrak{A}$	δ	$\mathfrak{A}$
− 10°	0·0575	0°	0·0496	+ 10°	0·0419	+ 20°	0·0335
9	567	+ 1	488	11	411	21	326
8	559	2	481	12	403	22	317
7	551	3	473	13	395	23	308
6	543	4	466	14	386	24	298
− 5	0·0535	+ 5	0·0458	+ 15	0·0378	+ 25	0·0289
4	527	6	450	16	369	26	279
3	519	7	443	17	361	27	270
2	511	8	435	18	352	28	260
− 1	504	9	427	19	344	29	250
0	0·0496	+ 10	0·0419	+ 20	0·0335	+ 30	0·0240

Für die Berechnung der Ephemeride des Polaris kann man die Formeln benützen:

$$A = + I \sin t + II \sin 2t; \qquad z = 90° - \varphi + I' \cos t + II' \sin^2 t,$$

wobei, wenn p die Poldistanz der Polaris ist:

$$I = - p \sec\varphi, \quad II = - \tfrac{1}{2} p^2 \, arc\, 1' \sec\varphi \tan\varphi; \qquad I' = - p, \quad II' = + \tfrac{1}{2} p^2 \, arc\, 1' \tan\varphi.$$

Für $\alpha = 1^h\, 23^m{\cdot}0$, $\delta = + 88°\, 47'{\cdot}7$ wird der im Folgenden benöthigte Theil der Ephemeride:

Θ	A_p	Z_p	q
$10^h\, 23^m{\cdot}0$	− 1° 16'	42° 40'	44° 3'
10 33·0	− 1 13	42 42	41 36
10 43·0	− 1 10	42 44	39 8
10 53·0	− 1 6	42 46	36 41
11 3·0	− 1 2	42 48	34 14
11 13·0	− 0 58	42 50	31 47
11 23·0	− 0 54	42 51	29 20
11 33·0	− 0 50	42 53	26 53

Für die 4 Zeitsterne ρ, *l*, χ und σ Leonis eshält man hieraus[1]) die folgende Tabelle:

Stern	Gr	Θ_*	Z_*	A_p	Z_p	q_*	$\sec \delta_0$	δ_0
ρ Leonis . .	4·0	$10^h\, 24^m{\cdot}5$	+38° 23'·8	− 1° 16'	− 42° 40'	0° 51'·4	0·00646	9° 52'
l Leonis . .	5·0	10 41·0	+37 8·7	− 1 10	− 42 44	0 47·5	0·00819	11 6
χ Leonis . .	4·8	10 57·0	+40 20·6	− 1 5	− 42 46	0 43·7	0·00415	7 55
σ Leonis . .	4·1	11 13·4	+41 38·5	− 0 58	− 42 50	0 38·9	0·00289	6 36

1901 April 3 beobachtete ich diese Sterne an einem 12-zölligen gebrochenen Universalinstrument von Starke und Kammerer auf der Sternwarte des k. u. k. militär-geographischen Institutes in Wien mit Auge und Ohr:

---

[1]) Es ist z. B. für ρ Leonis: $\alpha = 10^h\, 27^m{\cdot}6$; $\delta = + 9°\, 49'$; mit diesem Werthe von δ erhält man aus der Tafel der $\mathfrak{A}$: $\mathfrak{A} = 0{\cdot}0421$; da das Azimuth des Polaris für $10^h\, 28^m$ Sternzeit $- 1°\, 14' = - 74'$ ist, so wird $\mathfrak{A} \cdot A = - 0{\cdot}0421 \times 74 = - 3^m{\cdot}1$, um welchen Betrag der Stern früher in den Vertical des Polaris als in den Meridian kommt. Für ρ Leonis wird weiter

$$\log \sin A_p = 8{\cdot}34450 \qquad \log \sin q_* = 8{\cdot}17475$$
$$\log \sec \delta = 0{\cdot}00641 \qquad q_* = 0°\, 51''{\cdot}4$$
$$\log \cos \varphi = 9{\cdot}82374 \qquad \log \sec \delta_0 = \log \sec \delta \sec q = 0{\cdot}00646.$$

	Ocular Ost				Ocular West			
	Schraubenlesung	Uhrzeit	Schraubenlesung	Uhrzeit	Schraubenlesung	Uhrzeit	Schraubenlesung	Uhrzeit
	R		*R*		*R*		*R*	
Polaris	11·527	$10^h25^m55^s$	9·583	$10^h39^m\ 8^s$	9·299	$11^h\ 1^m44^s$	10·810	$11^h17^m22^s$
	11·418	26 26	9·430	39 43	9·436	2 18	10·948	17 53
	11·350	26 41	9·355	39 57	9·550	2 41	11·082	18 20
	w	*o*	*w*	*o*	*w*	*o*	*w*	*o*
Libelle	27·0	27·1	26·7	27·4	27·0	27·3	25·3	29·1
	24·4	29·7	23·5	30·7	21·5	32·9	23·0	31·6
Stern:	ρ Leonis		*l* Leonis		χ Leonis		σ Leonis	
1. Faden	$10^h\ 35^m\ 17^s·1$		$10^h\ 51^m\ 54^s·3$		$11^h\ 6^m\ 9^s·0$		$11^h\ 22^m\ 23^s·7$	
2	35 5·0		51 41·8		6 21·4		22 35·5	
3	34 52·1		51 29·0		6 34·0		22 48·0	
4	34 36·3		51 13·2		6 49·7		23 3·9	
m	34 23·1		51 0·1		7 2·8		23 16·8	
6	34 10·0		50 46·7		7 16·1		23 30·0	
7	33 54·2		50 31·0		7 31·5		23 45·4	
8	33 41·9		50 18·3		7 44·1		23 58·0	
9	33 29·0		50 5·8		7 56·6		24 10·7	
Lesung am Horizontalkreise	273° 8′ 53″·2		273° 10′ 43″·4		273° 20′ 21″·1		273° 24′ 20″·4	

Coincidenz des beweglichen Fadens mit dem Mittelfaden 10·2251.

Da das Instrument bis dahin zu Messungen nach der Horrebow-Talcott-schen Methode verwendet worden war, musste ich das Fadennetz um 90° drehen, weshalb die Fadendistanzen neu bestimmt werden mussten. Der Herr k. u. k. Hauptmann C. Gaksch, der die Freundlichkeit hatte, mir bei diesen Beobachtungen Assistenz zu leisten, durchmass am 2. und 3. April V.-M. das Fadennetz mit der Schraube; diese, sowie meine Beobachtungen von γ Cephei (U. C.) 4 H. Draconis (O. C.) ergaben mir den Werth einer Schraubenrevolution gleich $3^s·6423$ (gegenüber dem früheren $3^s·649$; vergl. v. Sterneck »die Polhöhe und ihre Schwankungen«) und für die Fadendistanzen in der Reihenfolge Ocular West, Obere Culmination

$53^s·149$, $40^s·909$, $28^s·437$, $13^s·060$, —, $13^s·172$, $28^s·351$, $40^s·789$, $53^s·123$.

Als Beispiel für die Reduction der Polsterne auf den Mittelfaden hat man nun für die zweite Beobachtung von ρ Leonis:

$$\Theta = 10^h\ 16^m·5;\ q = 45°\ 40'$$

$$\begin{aligned} \log \sec q &= 0·15563 & \log \frac{\upsilon}{2} \sin\delta \,\mathrm{arc}\, 1'' &= 8·02668 \\ \log \sec \delta &= 1·67253 & & \\ \log \alpha^R &= 0·07660 & \log \text{Nenner} &= 9·99525 \\ \log \tan q &= 0·01011 & \log \upsilon &= 2·47089 \\ \log \text{Zähler} &= 2·46614 & \upsilon &= 4^m\ 55^s·7. \end{aligned}$$

Für den Polaris ist

$$\alpha = 1^h\ 22^m\ 27^s·11,\quad \delta = +\ 88°\ 46'\ 55''·5.$$

Man erhält damit die folgende Berechnung (die auf den Mittelfaden reducirten Fadenantritte für die Zeitsterne sofort zum Mittel vereinigt):

	ρ Leonis	*l* Leonis	χ Leonis	σ Leonis
Polaris: Beob.-Zeiten	$10^h\ 31^m\ 18^s{\cdot}8$	$10^h\ 36^m\ 45^s{\cdot}8$	$11^h\ 5^m\ 3^s{\cdot}8$	$11^h\ 15^m\ 22^s{\cdot}6$
	31 21·7	36 49·2	5 7·7	15 25·8
	31 19·3	36 47·9	5 5·9	15 25·8
Polaris: Mittel . .	10 31 20·0	10 36 47·6	11 5 5·8	11 15 24·7
Zeitstern: Mittel . .	10 34 23·18	10 51 0·01	11 7 2·82	11 23 16·89
Neigung $i =$	$-0^s{\cdot}129$	$-0^s{\cdot}188$	$-0^s{\cdot}279$	$-0^s{\cdot}295$

Es soll nun für ρ Leonis nach den Formeln (A), für χ Leonis nach (A′) und (A″) weiter gerechnet werden

ρ Leonis

$$\delta = +\ 9^\circ\ 48'\ 40''{\cdot}7$$
$$\delta - \delta' = -\ 78\ \ 58\ \ 14{\cdot}8$$
$$\delta + \delta' = +\ 98\ \ 35\ \ 36{\cdot}2$$
$$\alpha = 10^h\ 27^m\ 38^s{\cdot}58$$
$$\alpha - \alpha' = 9\ \ 5\ \ 11{\cdot}47$$
$$u' - u^{1)} = -\ 3\ \ 3{\cdot}18$$
$$2\tau = 9\ \ 2\ \ 8{\cdot}29$$
$$\tau = 4\ \ 31\ \ 4{\cdot}14$$
$$\log\sin(\delta - \delta') = 9_n{\cdot}991903$$
$$\log\cos\tau = 9{\cdot}577917$$
$$\log\sin(\delta + \delta') = 9{\cdot}995097$$
$$\log\sin\tau = 9{\cdot}966449$$
$$\log(m\cos M) = 9_n{\cdot}569820$$
$$\log(m\sin M) = 9{\cdot}961546$$
$$\log\cos\delta = 9{\cdot}993601$$
$$\log\sin 2\tau = 9{\cdot}845393$$
$$\log[m\cdot\sin(M + \Theta_0)] = 8{\cdot}215266$$
$$\log m = 9{\cdot}994642$$
$$M + \Theta_0 = 11^h\ 56^m\ 11^s{\cdot}45$$
$$M = 7\ \ 28\ \ 20{\cdot}54$$
$$\Theta_0 = 4\ \ 27\ \ 50{\cdot}91$$
$$\tau = 4\ \ 31\ \ 4{\cdot}14$$
$$t_0 = \Theta_0 - \tau = -\ 3\ \ 13{\cdot}23$$
$$u - \alpha = +\ 6\ \ 44{\cdot}60$$
$$x_0 = t_0 - (u - \alpha) = -\ 9\ \ 57{\cdot}83$$

χ Leonis

$$\delta = +\ 7^\circ\ 51'\ 58''{\cdot}9$$
$$p = +\ 1\ \ 13\ \ 4{\cdot}5$$
$$\varphi - \delta = 40\ \ 20\ \ 47{\cdot}9$$
$$\alpha = 10^h\ 59^m\ 57^s$$
$$\alpha - \alpha' = 9\ \ 37\ \ 30$$
$$u' - u = -\ 1\ \ 57$$
$$2\tau = 9\ \ 35\ \ 33$$
$$\log\cos\delta = 9{\cdot}99589$$
$$\log\cos p = 9{\cdot}99990$$
$$\log\sin\delta = 9{\cdot}13629$$
$$\log\cos 2\tau = 9{\cdot}90734$$
$$\log\sin p = 8{\cdot}32746$$
$$\log\sin 2\tau = 9{\cdot}77039$$
$$\log\sin(\varphi - \delta) = 9{\cdot}81118$$
$$\log(\sin\delta\sin p\cos 2\tau) = 7{\cdot}37109$$
$$\log(\cos\delta\cos p) = 9{\cdot}99579$$
$$\text{Add. }\log = 0{\cdot}00102$$
$$\log\text{ Nenner} = 9{\cdot}99681$$
$$\log(2\cos\varphi) = 0{\cdot}12474$$
$$\log[\sin p\sin 2\tau\sin(\varphi - \delta)] = 7{\cdot}90903$$
$$\log\sin\frac{t_0}{2} = 7_n{\cdot}78748$$
$$t_0 = -\ 2^m\ 48^s{\cdot}60$$
$$u - \alpha = +\ 7\ \ 5{\cdot}52$$
$$x = -\ 9\ \ 54{\cdot}12.$$

Man erhält nun in dieser Art für die 4 Sterne:

		x	Correct. wegen Libelle	Endgleichungen
Oc. O.	ρ Leonis	$-9^m\ 57^s{\cdot}83$	$-0^s{\cdot}19$	$x + 1{\cdot}974\,c = -9^m\ 58^s{\cdot}02$
	l Leonis	$-9\ \ 58{\cdot}09$	$-0{\cdot}28$	$x + 1{\cdot}956\,c = -9\ \ 58{\cdot}37$
Oc. W.	χ Leonis	$-9\ \ 54{\cdot}12$	$-0{\cdot}41$	$x - 2{\cdot}005\,c = -9\ \ 54{\cdot}53$
	σ Leonis	$-9\ \ 54{\cdot}14$	$-0{\cdot}44$	$x - 2{\cdot}027\,c = -9\ \ 54{\cdot}58$

Aus den beiden Gleichungen (Mittel für Ocular Ost und Ocular West):

[1]) Die Formeln (A″) pag. 170 zeigen, dass bei Anwendung der Formeln A′, A″, der Werth von τ nur genähert bekannt zu sein braucht. Die Zwischenzeiten $u' - u$ werden, namentlich bei rascherer Aufeinanderfolge der Sterne, immer klein bleiben. 14^m und selbst 8^m sind bereits beträchtliche Werthe.

$$x + 1{\cdot}965\, c = -9^m\, 58^s{\cdot}195$$
$$x - 2{\cdot}016\, c = -9\quad 54{\cdot}555$$

erhält man

$c = -0^s{\cdot}9143$ (Die direkte Bestimmung durch Collimirung ergab $-0^s{\cdot}908$)
$x = -9^m\, 56^s{\cdot}40$.

Nach der Formel $\sin A = \sin t \cos \delta \operatorname{cosec} z$ erhält man

aus den Stundenwinkeln	die Azimuthe	Correction[1]) der Lesungen $i \cot z$	$c \operatorname{cosec} z$	Meridianlesung
$-3^m\ 13^s{\cdot}23$	$1°\ 16'\ 37''{\cdot}8$	$-2''{\cdot}4$	$+22''{\cdot}1$	$274°\ 25'\ 11''{\cdot}3$
$-3\quad 4{\cdot}01$	$1\quad 14\quad 45{\cdot}6$	$-3{\cdot}7$	$+22{\cdot}7$	$25\quad 10{\cdot}0$
$-2\quad 48{\cdot}59$	$1\quad 4\quad 29{\cdot}3$	$-4{\cdot}9$	$-21{\cdot}2$	$25\quad 16{\cdot}5$
$-2\quad 41{\cdot}91$	$1\quad 0\quad 30{\cdot}6$	$-5{\cdot}0$	$-20{\cdot}6$	$25\quad 16{\cdot}6$

Zenithdistanzen wurden bei diesem Satze nicht gemessen, da das Instrument nicht durchgeschlagen, sondern umgelegt wurde.

Unter den verschiedenen Combinationen, welche die Bestimmung der Zeit, Polhöhe und der Azimuthe aus den Beobachtungen von Zenithdistanzen und Azimuthen zweier oder mehrerer Sterne gestatten, und welche ein mehr mathematisches Interesse beanspruchen, sind es vorzugsweise noch zwei, welche auch in der Praxis häufig angewendet werden, d. i. die Bestimmung der Zeit aus dem beobachteten Azimuthe und die Bestimmung der Zeit und Höhe aus zwei beobachteten Zenithdistanzen zweier Sterne.

G. Bestimmung der Zeit aus dem beobachteten Azimuthe. Aus den beiden Gleichungen

$$\sin z \sin A = \cos\delta \sin t$$
$$\sin z \cos A = -\cos\varphi \sin\delta + \sin\varphi \cos\delta \cos t$$

folgt die Formel

$$\operatorname{tang} A = \frac{\cos\delta \sin t}{-\cos\varphi \sin\delta + \sin\varphi \cos\delta \cos t}$$

und daraus

$$\sin\varphi \cos t - \operatorname{cotang} A \sin t = \cos\varphi \operatorname{tang}\delta\,.$$

Setzt man hier

$$\sin\varphi = m \sin M,$$
$$\operatorname{cotang} A = m \cos M.$$

so wird

$$m \sin (M - t) = \cos\varphi \operatorname{tang}\delta,$$

aus welcher Gleichung sich t bestimmt, sobald A bekannt ist. Der Werth von t giebt dann den Uhrstand

$$x = \alpha + t - u.$$

Die Bestimmung des Azimuthes kann durch Einstellung an einem Universalinstrumente erfolgen, wenn man zur Bestimmung des Meridianpunktes das Azimuth eines terrestrischen Objectes kennt. Wäre dies nicht der Fall, so kann man das Azimuth auch durch Vergleichung der Lesung mit dem Azimuthe eines zweiten Sternes, eines Polsternes ermitteln. Bei letzterem wird man in erster Rechnung für die Bestimmung des Stundenwinkels einen genäherten Uhrstand annehmen können; weicht das Resultat der Zeitbestimmung stärker ab, so muss natürlich die Rechnung wiederholt werden.

Die Beobachtung gestaltet sich so, dass man das Azimuth eines Polsternes (am besten in der Nähe der grössten Digression, da hier der Fehler des Uhr-

[1]) Die Correctionen sind mit dem angegebenen Zeichen an dem vom Süden gezählten Azimuthe $180° - A$ zu addiren, daher von dem angeschriebenen Azimuthe zu substrahiren.

standes den geringsten Einfluss hat) und eines Zeitsternes hintereinander am Universalinstrumente einstellt, und den Horizontalkreis jedesmal abliest. Dabei wird man zweckmässig eine Reihe von Einstellungen (z. B. 6) des Zeitsternes machen, hierauf 2—3 Beobachtungen des Polsternes in derselben Kreislage, dann das Instrument durchschlagen, und in der zweiten Kreislage, erst eben so viele (2—3) Beobachtungen des Polsternes und schliesslich dieselbe Anzahl (6) Einstellungen des Zeitsternes in der zweiten Kreislage machen. Bei der Reduction der Beobachtungen, hat man auf die bei Azimuthbestimmungen wichtigen Correctionen (Neigung der Höhenaxe) entsprechend Rücksicht zu nehmen. Hat man in beiden Kreislagen des Instrumentes symmetrisch beobachtet, so wird der Collimationsfehler unschädlich gemacht.

Hierhin gehört auch die folgende Methode der Zeitbestimmung, welche manchmal, wo es sich nicht um die grösste Genauigkeit handelt, recht gute Näherungen für den Uhrstand giebt:

H. Bestimmung der Zeit durch Beobachtung des Verschwindens eines Sternes hinter einem terrestrischen Objecte. Die Sternzeit eines Gestirnes, welche zu einem gegebenen Azimuthe gehört, ist unverändert dieselbe, so lange sich die Position des Gestirnes nicht ändert; kennt man daher die Sternzeit θ_0 des Verschwindens eines Gestirnes für ein gegebenes Gestirn hinter einem verticalen terrestrischen Object (Thurm, Mauer) für einen Tag, so kann damit nach OLBERS' Vorschlag der Uhrstand an einem beliebigen anderen Tage gefunden werden, wenn man die Uhrzeit u des Verschwindens des Gestirnes mit dieser Sternzeit vergleicht. Es muss

$$u + x = \theta_0 \quad \text{demnach} \quad x = \theta_0 - u$$

sein. Streng genommen sind nun allerdings die Positionen der Gestirne nicht unveränderlich; einer Aenderung $\Delta\alpha$ der Rectascension entspricht die gleiche Aenderung des Stundenwinkels, daher die Aenderung der Sternzeit des Verschwindens $\frac{1}{15}\Delta\alpha$; da weiteres

$$\frac{dt}{d\delta} = -\,tang\, q\; sec\, \delta$$

ist, so wird einer Aenderung $\Delta\delta$ der Declination eine Aenderung des Stundenwinkels, d. i. der Zeit des Verschwindens von

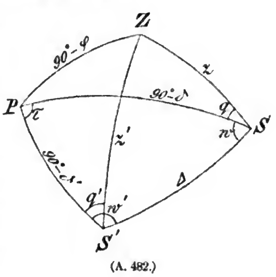
$$-\tfrac{1}{15}\Delta\delta\; tang\, q\; sec\, \delta$$

entsprechen. Demnach wird, wenn die Rectascension und Deklination des Gestirnes $\alpha + \Delta\alpha$, $\delta + \Delta\delta$ sind, nunmehr

$$\theta = \theta_0 + \tfrac{1}{15}\Delta\alpha - \tfrac{1}{15}\Delta\delta\; tang\, q\; sec\, \delta$$

die Sternzeit des Verschwindens sein.

I. Bestimmung der Zeit aus zwei beobachteten Höhen zweier Gestirne und der Zwischenzeit (ohne Kenntniss der Polhöhe). Seien die Coordinaten der beiden Gestirne α, δ; α', δ'; die gemessenen Zenithdistanzen z, z'; die Zwischenzeit τ, so hat man im Dreiecke PSS' (Fig. 482): $PS = 90° - \delta$, $PS' = 90° - \delta'$ und den Zwischenwinkel $SPS' = \tau$ bekannt; zu suchen sind die gegenüberliegenden Stücke: $PS'S = w'$; $PSS' = w$; $SS' = \Delta$. Die GAUSS'schen Gleichungen geben:



(A. 482.)

$$\begin{aligned}
\sin\tfrac{1}{2}\Delta\sin\tfrac{1}{2}(w'-w) &= \sin\tfrac{1}{2}(\delta'-\delta)\cos\tfrac{1}{2}\tau\\
\sin\tfrac{1}{2}\Delta\cos\tfrac{1}{2}(w'-w) &= \cos\tfrac{1}{2}(\delta'+\delta)\sin\tfrac{1}{2}\tau\\
\cos\tfrac{1}{2}\Delta\sin\tfrac{1}{2}(w'+w) &= \cos\tfrac{1}{2}(\delta'-\delta)\cos\tfrac{1}{2}\tau\\
\cos\tfrac{1}{2}\Delta\cos\tfrac{1}{2}(w'+w) &= \sin\tfrac{1}{2}(\delta'+\delta)\sin\tfrac{1}{2}\tau
\end{aligned} \qquad \text{(m)}$$

Nunmehr sind in dem Dreiecke ZSS' die beiden Zenithdistanzen z, z' und die dritte Seite Δ bekannt, und man erhält damit die parallaktischen Winkel q und q', indem die beiden Dreieckswinkel, welche der Seite Δ anliegen $w+q$ und $w'-q'$ sind. Es ist, wenn

$$s = \tfrac{1}{2}(\Delta + z + z')$$

gesetzt wird:

$$\begin{aligned}
tang\,\tfrac{1}{2}(q+w) &= \sqrt{\frac{\sin(s-\Delta)\sin(s-z)}{\sin s\sin(s-z')}}\\
tang\,\tfrac{1}{2}(q'-w') &= \sqrt{\frac{\sin(s-\Delta)\sin(s-z')}{\sin s\sin(s-z)}}
\end{aligned} \qquad \text{(n)}$$

Schliesslich giebt das Dreieck PZS, in welchem die Seiten $PS = 90° - \delta$, $ZS = z$ und der eingeschlossene Winkel q bekannt sind, und das Dreick PZS' in analoger Weise die übrigen Stücke nach den Formeln:

$$\begin{aligned}
\cos(45°-\tfrac{1}{2}\varphi)\cos\tfrac{1}{2}(A-t) &= \cos\tfrac{1}{2}q\cos\tfrac{1}{2}(h-\delta)\\
\sin(45°-\tfrac{1}{2}\varphi)\cos\tfrac{1}{2}(A+t) &= \cos\tfrac{1}{2}q\sin\tfrac{1}{2}(h-\delta)\\
\sin(45°-\tfrac{1}{2}\varphi)\sin\tfrac{1}{2}(A+t) &= \sin\tfrac{1}{2}q\cos\tfrac{1}{2}(h+\delta)\\
\cos(45°-\tfrac{1}{2}\varphi)\sin\tfrac{1}{2}(A-t) &= \sin\tfrac{1}{2}q\sin\tfrac{1}{2}(h+\delta)\\[1ex]
\cos(45°-\tfrac{1}{2}\varphi)\cos\tfrac{1}{2}(A'-t') &= \cos\tfrac{1}{2}q\cos\tfrac{1}{2}(h-\delta)\\
\sin(45°-\tfrac{1}{2}\varphi)\cos\tfrac{1}{2}(A'+t') &= \cos\tfrac{1}{2}q\sin\tfrac{1}{2}(h-\delta)\\
\sin(45°-\tfrac{1}{2}\varphi)\sin\tfrac{1}{2}(A'+t') &= \sin\tfrac{1}{2}q\cos\tfrac{1}{2}(h+\delta)\\
\cos(45°-\tfrac{1}{2}\varphi)\sin\tfrac{1}{2}(A'-t') &= \sin\tfrac{1}{2}q\sin\tfrac{1}{2}(h+\delta)
\end{aligned} \qquad \text{(p)}$$

wo an Stelle der Zenithdistanzen z, z' die Höhen h, h' eingeführt sind, um nicht die Werthe $45° \pm z$ benützen zu müssen. Hat man beide Male denselben Stern beobachtet, so vereinfacht sich die Lösung insofern, als $\delta = \delta'$, demnach $w = w'$ ist, womit an Stelle von (m) die Gleichungen treten:

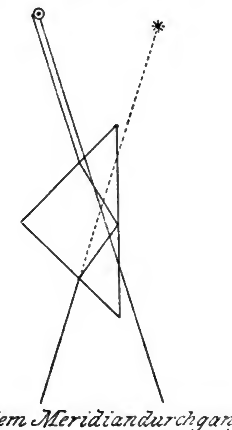
$$\begin{aligned}
\sin\tfrac{1}{2}\Delta &= \cos\delta\sin\tfrac{1}{2}\tau\\
\cos\tfrac{1}{2}\Delta\sin w &= \cos\tfrac{1}{2}\tau\\
\cos\tfrac{1}{2}\Delta\cos w &= \sin\delta\sin\tfrac{1}{2}\tau
\end{aligned} \qquad (m')$$

während die weitere Auflösung unverändert bleibt.

Eine wichtige Anwendung wird von dieser Aufgabe bei der Bestimmung von Zeit und Polhöhe zur See gemacht. Hierbei bedient man sich jedoch nicht dieser direkten Methode der Auflösung, sondern einer indirekten, welche in einer Näherungsrechnung besteht: Eine Sonnenhöhe wird in der Nähe des Meridians zur Polhöhenbestimmung, die zweite Sonnenhöhe ausserhalb des Meridians zur Zeitbestimmung genommen. Man geht dabei von einem genäherten Werth der Breite aus, welcher aus der Richtung und Geschwindigkeit des Schiffes (bestimmt durch Log und Compassstrich) bekannt ist. Mit diesem Werthe erhält man einen Uhrstand, der zur zweiten Bestimmung der Breite verwendet wird. In dieser Form würde eigentlich jede Höhe für sich benützt: die Meridianzenithdistanz zur Bestimmung der Polhöhe, die Zenithdistanz ausserhalb des Meridians zur Bestimmung der Zeit. Eine zweckmässige Combination der beiden Höhen, bei welcher jedoch auch auf den Umstand Rücksicht zu nehmen ist, dass das Schiff inzwischen seinen Ort geändert hat, wobei also eine Reduction der einen gemessenen Zenithdistanz auf den Ort vorzunehmen ist, an welchem die

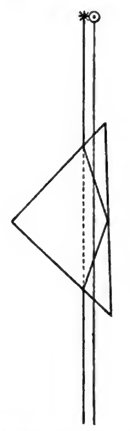
andere gemessen wurde, rührt von DOWES her, worüber in den Handbüchern der Schifffahrtskunde nachgesehen werden kann.

Die beiden zuletzt erwähnten Methoden der Bestimmung der Zeit durch das Verschwinden von Sternen hinter terrestrischen Objecten und die DOWES'sche Methode der Zeit- und Polhöhenbestimmung gehören bereits in das Gebiet der Näherungsmethoden, von denen noch einige erwähnt werden sollen.



Vor dem Meridiandurchgang.

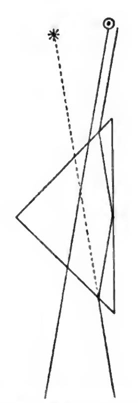
(A. 483 a.)



Meridiandurchgang.

(A. 483 b.)

Dipleidoskop (Chronodeïk) und Passagenprisma. Eine Vereinfachung der Durchgangsbeobachtungen ergiebt sich zunächst dadurch, dass man an Stelle der Durchgänge eines Sternes durch die Fäden eines Mikrometers den Moment des Meridiandurchganges auf andere Weise erhalten kann. Hierzu hatte DENT nach der Angabe von BLOXAM im Jahre 1843 ein kleines Instrument construirt, welches ursprünglich aus drei unter gleichen Winkeln gegen einander geneigten Glasplatten bestand, von denen die vordere (s. die Fig. 485) durchsichtig, die beiden hinteren amalgamirt waren. Zu den Beobachtungen konnte nur die Sonne verwendet werden, da andere Gestirne zu lichtschwach sind. An der vorderen Glasplatte entsteht durch einfache Reflexion ein Bild der Sonne; die beiden hinteren Spiegel geben ein anderes Bild durch zweimalige Reflexion, (vergl. Fig. 485). Die beiden Bilder bewegen

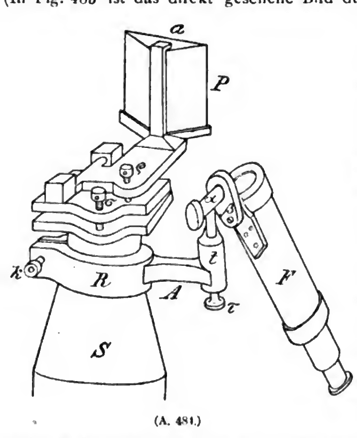


Nach dem Meridiandurchgang.

(A. 483 c.)

sich in entgegengesetzter Richtung und fallen zusammen, wenn die Sonne durch jene Verticalebene geht, in welcher die einfach reflectirende Glasplatte liegt. Ist diese in der Richtung des Meridians orientirt, so erhält man auf diese Art — auf etwa 1^s genau — die Zeit des wahren Mittags.

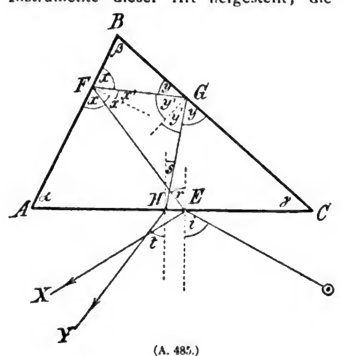
STEINHEIL ersetzte die drei Glasplatten durch ein Glasprisma und nannte das Instrument Passagenprisma. Dasselbe ist ein rechtwinkelig gleichschenkliges Prisma, dessen Hypothenusenfläche in die Richtung des Meridians gebracht wird (s. Fig. 483), so dass das an der Hypothenusenfläche nach zweimaliger Brechung und einmaliger Reflexion entstandene Bild mit dem direkt gesehenen, sich in umgekehrter Richtung bewegenden zur Coincidenz kommt. (In Fig. 483 ist das direkt gesehene Bild durch ⊙ bezeichnet, seine Bewegung findet nach rechts statt, während das durch Reflexion entstandene, durch * bezeichnete sich nach links bewegt.) PLÖSSL stellte das Instrument in der durch Fig. 484 angegebenen Form her. Das Prisma P ruht mittels des Ringes R auf der Säule S und kann durch die Klemme k so nach entsprechender Drehung des Ringes befestigt werden, dass die Fläche a des Prismas in den Meridian fällt. Durch die Schrauben ρ und σ kann das Prisma in zwei aufeinander senkrechten Ebenen justirt werden. Der Arm A trägt den Träger t für das Fernrohr F, welches durch die Schraube τ etwas gehoben oder gesenkt und durch das doppelte Charnier $\alpha\beta$ in verschiedene Zenithdistanzen so gebracht werden kann, dass die Absehenslinie stets durch das Prisma geht. Neuerer Zeit hat HEYDE Instrumente dieser Art hergestellt, die bei einem Preise von 180—200 Mk. eine Genauigkeit von $0^s.5$ in der Zeitbestimmung zu erreichen gestatten sollen.



(A. 484.)

Wie die folgende Ableitung zeigt, ist es durchaus nicht nöthig, dass das Prisma gleichschenklig rechtwinklig oder gleichseitig sei.

Seien α, β, γ (Fig. 485) die Winkel derjenigen Schnittfläche ABC des Prismas, in welcher die Reflexionen und Brechungen stattfinden, i der Einfallswinkel, r der Brechungswinkel, und x, y, x', y' die an den beiden reflectirenden Flächen (in der ursprünglichen DENT'schen Anordnung) bei der Reflexion entstehenden Winkel; s



(A. 485.)

der letzte Incidenzwinkel an der Austrittsfläche und t der Austrittswinkel; dann hat man im Dreiecke AEF:

$$x = 180° - \alpha - (90° - r)$$
$$x = 90° - \alpha + r. \qquad (\alpha)$$

Da

$$x' = 90° - x = \alpha - r$$

ist, so folgt zunächst als erste Bedingung, dass $\alpha > i$ sein muss, da sonst die Reflexion auf die andere Seite erfolgen würde. Weiter ist aus dem Dreiecke BFG:

$$y = 180° - \beta - x = 180° - \beta - 90° + \alpha - r$$
$$y = 90° - \beta + \alpha - r. \qquad (\beta)$$

Da nun

$$y' = 90° - y = \beta - \alpha + r = r - (\alpha - \beta) \qquad (\beta)$$

ist, so folgt, dass für $\beta > \alpha$, $\beta - \alpha$ beliebig sein kann, hingegen für $\alpha > \beta$ die zweite Bedingung $\alpha - \beta < r$ sein muss, da sonst wieder Reflexion auf die andere Seite stattfindet. Endlich folgt aus dem Dreiecke GHC:

$$y + 90° - s + (180° - \alpha - \beta) = 180°$$
$$90° - s = \alpha + \beta - y = 2\beta + r - 90°$$
$$s = 180° - 2\beta - r. \qquad (\gamma)$$

Sollen nun der einfach reflectirte Strahl EX und der durch zweimalige Brechung und zweimalige Reflexion austretende Strahl HY parallel austreten, so muss der Austrittswinkel t gleich dem Einfallswinkel i, daher auch $s = r$ sein; dieses findet statt, wenn[1])

$$180° - 2r = 2\beta$$
$$r = 90° - \beta. \qquad (\delta)$$

ist. Diese Bedingung ist erfüllt:

1) Für $\beta = 45°$, wenn $r = 45°$ ist; für $r = i$ wäre dann die Fläche BC parallel zum Meridian. Da dann i für den Meridiandurchgang grösser als 45° ist, so wird es in diesem Falle praktisch, $\alpha > 50°$ zu nehmen (erste Bedingung). Die Wahl $\alpha = 90°$ erweist sich jedoch wegen der zweiten Bedingung unpraktisch.

2) Für $\alpha = \beta = \gamma = 60°$, wäre $r = 30°$, also wieder für $r = i$ die Fläche BC parallel zum Meridian. Da dann auch für Prismen $\alpha > i$ und $\beta - \alpha = 0$ ist, so sind beide Bedingungen erfüllt.

3) Allgemein für ein gleichschenkliges Dreieck, für welches $\beta = \gamma$ ist, wird BC für $i = r$ in die Richtung des Meridians fallen müssen, da $AEF = 90° - r = \beta = \gamma$, also $EF \parallel BC$, d. h. BC für den Moment der Coincidenz parallel der Richtung der Sonnenstrahlen wird.

Für ein Prisma, in welchem nun allerdings r von i verschieden ist, wird BC nicht genau in die Richtung des Meridians fallen, wird aber leicht durch eine gut gehende Uhr so gestellt werden können, dass die Coincidenz im Momente des wahren Mittags stattfindet. Der Vorzug der Anwendung dieser Prismen gegenüber der älteren PLÖSSL'schen liegt darin, dass man das durch einfache Reflexion an der Vorderfläche bedeutend geschwächte Sonnenbild an Stelle des direkten beobachtet.

Eine andere Vereinfachung, welche wesentlich auf der Umgehung der Rechnung bei Zenithdistanzmessungen beruht, bringt der

EBLE'sche Sextant. Zunächst war die Berechnung der Refraction zu umgehen; dieses erreichte EBLE, indem er die Theilung an dem Sextanten gleich wegen Refraction corrigirte. Da der scheinbaren Zenithdistanz 60° die

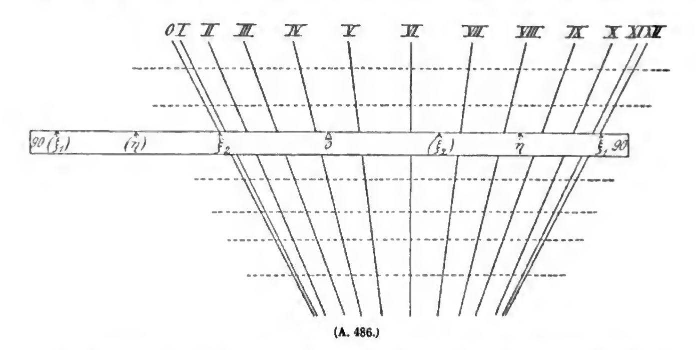
[1]) Hätte man planparallele Glasplatten, so wäre $r = i$ und es wäre $i = 90° - \beta$.

mittlere Refraction 1'·7, also die wahre Zenithdistanz 59° 58'·3 entspricht, so würde die Theilung am EBLE'schen Sextanten bei dem Winkel von 60° die Bezeichnung 59° 58'·3 tragen, oder die am EBLE'schen Sextanten abgelesene Zahl von 60° entspricht einer scheinbaren Zenithdistanz (einem Winkel) von 60° 1'·7.

Um die Berechnung des Stundenwinkels aus den beobachteten Zenithdistanzen zu umgehen, dient sein »Astronomisches Netz«. Der Deklination δ der Sonne entspricht in der Polhöhe φ

$$\text{die Mittagshöhe } h_1 = 90° - \varphi + \delta$$
$$\text{die Mitternachtstiefe } h_2 = 90° - \varphi - \delta.$$

Man sucht nun auf einer, beiderseits gleichmässig bis 90° getheilten Schiene (vergl. Fig. 486) die Höhen h_1 und h_2 bei ξ_1 und ξ_2 auf, und bei η die ge-



(A. 486.)

messene Höhe h. Die Schiene wird dann auf ein Netz gelegt, welches 12 convergente Linien hat, die den Stunden 0^h, 1^h . . . 12^h entsprechen (und dazwischen nach Maassgabe des Maassstabes des Netzes noch Unterabtheilungen) in der Art, dass die Punkte ξ_1 ξ_2 stets in derselben durch Querlinien[1]) angedeuteten Richtung auf die äussersten Linien 0 und XII fallen. Der Nullpunkt der Theilung (Höhe 0 Grad) entspricht dann der Zeit des Aufganges; der Punkt η (entsprechend der gemessenen Höhe h) giebt die zu dieser Höhe gehörige Zeit, und zwar Vormittag, wenn ξ_1 auf XII fällt (wachsenden Höhen entsprechen wachsende Zeiten vor 12^h) und Nachmittag, wenn ξ_1 auf Null fällt, zu welchem Zwecke die Punkte in der durch (ξ_1), (ξ_2), (η) angegebenen Lage, also nach links hin aufgetragen werden.

Die aus der gemessenen Zenithdistanz auf diese Art ermittelte Zeit ist die wahre Sonnenzeit, welche mittels einer Zeitgleichungstafel in mittlere Zeit verwandelt wird. (Bei seiner diesbezüglichen Publication giebt EBLE für die Jahre 1852—1863 die mittlere Deklination der Sonne für jede sechste Stunde der einzelnen Tage und ebenso eine Zeitgleichungstabelle.)

Endlich muss an dieser Stelle der

Sonnenuhren gedacht werden, welche direkt aus dem Sonnenstande die Uhrzeit abzulesen gestatten. Instrumente dieser Art waren schon im Alterthume im Gebrauch, wenn sie auch ausserdem zu anderen Zwecken dienten. Hierher

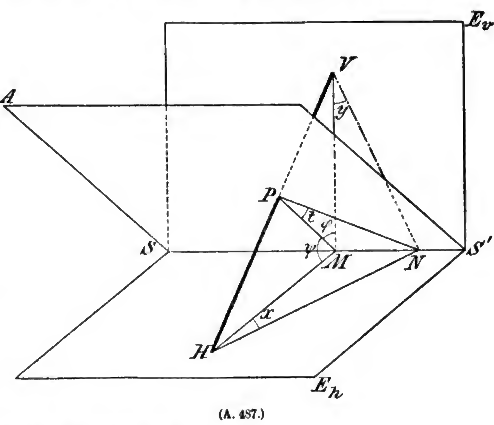
[1]) Auf die Construction dieses Netzes kann hier nicht eingegangen werden.

gehört das angeblich von dem Chaldäer Berosus um 600 v. Chr. erfundene Skaphium, ein halbkugelförmig ausgehöhlter Stein (σκάφη = Trog, Becken, Mulde), bei welchem in der Mitte der Halbkugel ein kleines Kügelchen angebracht war, dessen Schatten in das Innere der Hohlkugel geworfen wurde. Aus dem Stande dieses Schattens konnte die Zeit abgelesen werden, zu welchem Zwecke die Wege des Schattens für verschiedene Jahreszeiten verzeichnet, und die den verschiedenen Tageszeiten entsprechenden Punkte des Schattens auf diesen Wegen eingetragen waren. Dieses Instrument diente übrigens in grösserer Ausführung auch zur Messung von Zenithdistanzen der Sonne.

Den Uebergang zu den eigentlichen Sonnenuhren bildet der von Gemma Frisius 1548 beschriebene »Astronomische Ring = *Annulus astronomicus*«, ein in der Ebene des Aequators angebrachter Kreis, auf welchem eine Theilung in Stunden und Untertheilen angebracht war. Eine einen Deklinationskreis vorstellende Ebene war senkrecht zu diesem Ringe um einen zur Weltaxe parallelen Stift drehbar. Dieses Blatt, in die Richtung des Deklinationskreises der Sonne gebracht (in welchem Falle die Schatten nach keiner Seite geworfen wurden und daher verschwanden), zeigte sofort den Stundenwinkel der Sonne, daher die wahre Sonnenzeit an.

Dieses giebt bereits die Construction der Sonnenuhren: Jede Sonnenuhr besteht aus einem zur Weltaxe parallelen Stabe, dem Zeiger, dessen Schatten auf eine Fläche aufgeworfen, hier an einer entsprechenden Theilung die wahre Sonnenzeit abzulesen gestattet.

Die einfachste Form ist die Aequatorealsonnenuhr, bei welcher die Uhrfläche senkrecht zum Zeiger, also im Aequator liegt. Hier ist die Theilung gleichmässig anzubringen, da ebenso wie beim astronomischen Ring der Schatten des Zeigers mit diesem selbst die Ebene eines Deklinationskreises der Sonne vorstellt, daher in gleichen Zeiten sich um gleiche Stundenwinkel dreht. Die Theilung wird daher von der Meridianrichtung aus, welche zuvor zu ermitteln ist (die übrigens auch schon behufs Aufstellung des Stabes in der Richtung der Weltaxe bekannt sein muss), in gleichen Intervallen fortschreiten. Einer Stunde entspricht dabei ein Winkel von 15°.



(A. 487.)

Complicirter sind die Horizontal- und Verticalsonnenuhren, bei denen die Uhrfläche bezw. horizontal oder vertical liegt.

Sei VH (Fig. 487) die Richtung der Weltaxe, P der Durchschnittspunkt derselben mit der Ebene A, welche parallel zum Aequator liegt, E_v eine verticale Ebene, E_h eine horizontale Ebene, senkrecht auf der Meridianebene, und SS' die gemeinsame Schnittlinie der drei Ebenen A, E_v und E_h, so ist VMH die Ebene des Meridians, PM der Mittagsschatten des Zeigers VPH in der Aequatorebene, VM in der Verticalebene, und HM in der Horizontalebene. Einem Stundenwinkel t entspricht eine Drehung des Schattens nach PN, welcher die Zeit t Stunden Nachmittag (Sonne westlich) giebt. Dabei ist:

$$\sphericalangle MPN = t^h = (15t)^0,$$

und der Schatten in der Verticalebene wird VN, in der Horizontalebene HN.

Da

$$MN = MP \, tang \, t = MH \, tang \, x = MV \, tang \, y$$

und ferner

$$MP = MH \cos \psi; \quad MP = MV \cos \varphi$$

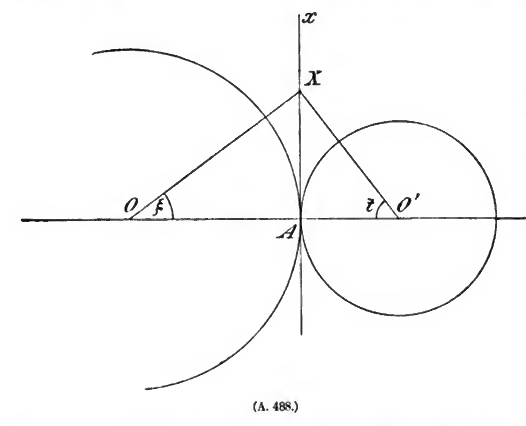
ist, wenn ψ, φ die Neigungswinkel der Ebene der Sonnenuhr gegen den Aequator sind, so folgt:

$$MP \, tang \, t = MP \sec \psi \, tang \, x = MP \sec \varphi \, tang \, y.$$

Hieraus folgt:

$$tang \, x = tang \, t \cos \psi; \quad tang \, y = tang \, t \cos \varphi.$$

Gleichmässig wachsenden Stundenwinkeln t entsprechen daher ungleichmässig wachsende Winkel x auf der Horizontaluhr, und ungleichmässig wachsende Winkel y auf der Verticaluhr. Sie sind daher etwas weniger einfach, haben aber den Vortheil, dass sie den Zeiger und die Theilung nur auf einer Seite erfordern, während bei der Aequatorealuhr die obere (gegen V hin gelegene Seite) für nördliche Deklinationen, die untere (gegen H hin gelegene) für südliche Deklinationen zur Verwendung kommt.



(A. 488.)

Die Gleichungen für x und y gestatten auch eine einfache Construction der Theilung: Auf der gemeinschaftlichen Tangente Ax (Fig. 488) zweier um O und O' gelegten, sich in A berührenden Kreise wird ein Punkt X mit O und O' verbunden. Für die hieraus entstehenden Winkel ξ und t hat man:

$$AX = O'A \, tang \, t = OA \, tang \, \xi,$$

folglich wird

$$tang \, \xi = \frac{O'A}{OA} tang \, t.$$

Macht man daher

$$\frac{O'A}{OA} = \cos\psi,$$

wenn ψ der Neigungswinkel der (hierbei ganz beliebig gedachten) Ebene der Sonnenuhr gegen den Aequator bedeutet, so erhält man die einem gegebenen Stundenwinkel zugehörige Richtung des Schattens in dieser Ebene, indem man den Stundenwinkel t von $O'O$ aus in dem Kreise um O' aufträgt; theilt man den Kreis um O' in 24 gleiche Theile, zieht die Radien der Theilungspunkte bis zur Tangente Ax, und verbindet die Schnittpunkte mit O, so erhält man die zugehörigen Stunden 0, 1, 2, 3 . . . . 12 (0), 11, 10.

Für die Verticaluhr ist der Neigungswinkel ψ gleich der Polhöhe φ, für die Horizontaluhr ist ψ gleich dem Complement der Polhöhe $90° - \varphi$.

Dies gilt jedoch nur, wenn die Sonnenuhr in einer beliebigen, zur Ebene des Meridians senkrechten Ebene angebracht ist. Verhältnissmässig leicht ist es noch, die Theilung abzuleiten für eine Uhr, deren Ebene sonst ganz beliebig ist, wenn nur der Zeiger in der Richtung der Weltaxe angebracht ist. Sei AA' (Fig. 489) der Aequator, OP die Richtung der Weltaxe, also der Zeiger der Uhr, PM der Meridian; die Ebene OQE der Sonnenuhr schneide den Aequator in einem Punkte Q, welcher westlich in der Entfernung T liege, und schliesst mit der Ebene des Aequators den Winkel ψ ein, so dass

(A. 489.)

$$MQ = T; \quad \sphericalangle MQE = \psi$$

sei; dann wird ON die Richtung des Meridianschattens in dieser Ebene sein, und die Entfernung $ON = \theta$ ist bestimmt durch

$$\tang\theta = \frac{\tang T}{\cos\psi}.$$

t Stunden Nachmittags falle der Schatten im Aequator in die Richtung Om, so dass $\sphericalangle MOm = t$ ist, so wird er in der Ebene E durch den Schnitt des Deklinationskreises Pm mit der Ebene, d. i. durch die Richtung On bestimmt. Für den Winkel $NOn = x$ folgt wieder

$$\tang(\theta + x) = \frac{\tang(T + t)}{\cos\psi}.$$

st θ bestimmt, so folgt hieraus unmittelbar der Winkel x.

Das allgemeine Problem der Sonnenuhren muss jedoch auf verschiedene Lagen des Zeigers (nicht parallel zur Weltaxe) Rücksicht nehmen, wie dieselbe z. B. bei Sonnenuhren nöthig ist, welche an Ebenen angebracht sind, die in der Richtung des Meridians (Ost- oder Westseite einer im Meridian gerichteten Mauer) liegen; doch hat diese Art der Sonnenuhren nur sehr beschränkte Anwendung, da sie nur einen Theil des Tages anwendbar sind, und kann an dieser Stelle auf alle diese Einrichtungen nicht eingegangen werden. N. HERZ.

Zodiacallicht oder Thierkreislicht ist eine noch keineswegs sicher erklärte Erscheinung, welche sich als matte, allmählich verlaufende Lichtpyramide in gewissen Jahreszeiten dem aufmerksamen Beobachter, wenn er fern von störendem Licht den klaren Himmel beobachtet, zeigt. In unseren Breiten ist das Zodiacallicht am besten in den Monaten Januar bis März nach Sonnenuntergang, in den Herbstmonaten vor Sonnenaufgang zu sehen, und man erblickt es als eine schräg, nahe in der Ebene der Ekliptik liegende Pyramide. In den Tropen ist das Zodiacallicht während des ganzen Jahres ziemlich gleichmässig sichtbar. Zuerst wird es im 17. Jahrhundert von D. CASSINI erwähnt, und es muss auffallen, dass es nicht im Alterthum beobachtet wurde. Immerhin darf hieraus nicht auf eine Unsichtbarkeit in jener weit zurückliegenden Zeit geschlossen werden. Wie bei so manchen Erscheinungen wird auch hier die doch keineswegs so auffallende Erscheinung der Aufmerksamkeit entgangen sein. Man hat wohl Anzeichen dafür zu beobachten geglaubt, dass das Zodiacallicht in veränderlicher Helligkeit glänzt. Und in der That muss dem aufmerksamen Beobachter die grosse Helligkeit auffallen, in der das Licht in gewissen Jahren im Vergleich zu anderen erscheint. Die einfache Erklärung der mehr oder minderen Durchsichtigkeit der Luft ist nicht ausreichend, denn in gleicher Weise müsste dann die Helligkeit der Milchstrasse beeinflusst worden sein, was aber keineswegs immer der Fall war. Nicht selten überstrahlt auch in unseren Breiten das Zodiacallicht den Schein der Milchstrasse ganz erheblich. Auch im Innern des eigentlichen Kegels sind hellere und mattere Streifen vermuthet worden, auch glauben manche Beobachter feine, neblige Lichtstreifen in der Nähe der Zodiacallichtpyramide und mit dieser in Zusammenhang stehend gesehen zu haben. Es ist aber ausserordentlich schwer, mit voller Sicherheit die Grenzen des Lichtkegels anzugeben, in der Regel ist die dem Horizont zugeneigte Seite nicht so weit von der Axe zu verfolgen wie die gegenüberliegende, was sich durch die Absorption in der Atmosphäre erklärt.

Der diffuse Charakter der Erscheinung ist die Ursache, dass trotz der sehr beträchtlichen Menge von Beobachtungen, welche namentlich im 19. Jahrhundert und besonders gegen Ende desselben durch JUL. SCHMIDT (Das Zodiacallicht, Braunschweig 1855), HEIS (Zodiacallichtbeobachtungen 1847—75, Münster 1875), JONES (Observations on the Zodiacal Light, Washington 1856; Observations at Quito, Americ. Journ. of Science 1857), SERPIERI (La luce Zodiacale, Memorie della Società degli Spettroscopisti 1876), SEARLE (The Zodiacal Light, Proceed. of the Americ Academy 1883; Researches on the Zodiacal Light, Annals of the Astron. Observ. of Harvard Coll. XIX, 2. Cambridge 1893), GRUEY (Observations de la Lumière Zodiacale à Toulouse, Cpt. Rend. des séances de l'Acad. des sc. t. 79. 80 Paris), MARCHAND (Cpt. Rend. t. 121, Paris 1895), BARNARD (Astron.-Journal), und viele Andere angestellt worden sind, eine ganz bestimmte Erklärung nicht hat gegeben werden können. Alle Angaben beruhen auf Einzeichnungen in Sternkarten oder sind solche über die Lage der Axe, der Ausdehnung des Kegels nach Schätzungen, deren Sicherheit von der Schärfe des Auges des Beobachters, von der günstigen Lage des Beobachtungsortes und anderen derartigen Umständen abhängt. Dass das Zodiacallicht nahe mit der Ekliptik zusammenfällt war längst angenommen worden, dennoch blieb aber zweifelhaft, ob man sich, wie HEIS und JONES, einen Ring um die Erde nach Art des Saturnrings darunter zu denken habe, oder vielmehr einen in der Ebene des Sonnenäquators gelegenen sehr flachen meteorischen Ring, der sich von der Sonne

bis etwas über die Erdbahn hinaus erstreckt. MARCHAND hat auf dem Pic du Midi, wo bei gewöhnlicher Durchsichtigkeit der Luft das Zodiacallicht das ganze Jahr hindurch sichtbar ist, seit 1892 vielfach die Erscheinung zu beobachten Gelegenheit gehabt und gefunden, dass das Licht »nicht nur aus den bekannten kegelförmigen Lichtsäulen besteht, die man am Horizont in der Nähe der Sonne nach dem Untergang und vor dem Aufgang derselben sieht, sondern auch aus einem schwachen, an den Rändern abgeblassten Lichtstreifen, der in der Verlängerung der Axe des am Horizont sichtbaren Lichtkegels die ganze Himmelskugel ungefähr nach einem grössten Kreis umspannt«, womit gelegentliche frühere Beobachtungen bestätigt wurden. Ferner hat er aus seinen Beobachtungen ableiten können, dass das Zodiacallicht ein Breite von ca. 14° besitzt, dass seine Axe sehr nahe einem grössten Kreise liegt, der gegen die Ekliptik 6—7° geneigt ist, und für den der aufsteigende Knoten die Länge von 70° besitzt. Darnach stellt er als Thatsache fest, dass die Axe des Zodiacallichts ziemlich mit der Ebene des Sonnenäquators zusammenfällt, denn thatsächlich beträgt die Neigung dieser gegen die Ekliptik 7° und ihr aufsteigender Knoten hat eine Länge von etwa 74°.

Diese Resultate haben eine volle Bestätigung durch M. WOLF's Untersuchungen gefunden. (»Ueber die Bestimmung der Lage des Zodiacallichts und den Gegenschein«. Sitzber. d. Math. Phys. Classe d. K. B. Academie der Wiss., München 1900.) Er versuchte das Zodiacallicht zu photographiren und aus dem Bild die Axenlage zu bestimmen. Dazu waren aber die gewöhnlichen lichtstarken Objective nicht verwendbar. Er construirte einen besonderen Apparat, dem er den Namen »Schnittphotometer« beilegte. Es wurde von der Firma Zeiss in Jena ein Quarzobjectiv hergestellt, dessen Oeffnung 37 *mm* betrug, während die Distanz des Bildes von der vordersten Fläche nur 36 *mm* war. In der optischen Axe befindet sich unmittelbar vor der Bildebene ein solid mit dem Objectiv verbundenes Diaphragma mit ganz enger Oeffnung, und unmittelbar hinter diesem Diaphragma liegt die photographische Platte. Diese kann nun ihrer Länge nach in ihrer Ebene hinter dem Diaphragma vorbei geschoben werden und es können so auf der Platte eine Reihe von kleinen Bildern neben einander erzeugt werden, wobei jedes Bildchen genau in derselben Axe aufgenommen, und ein ganz bestimmter Punkt des Himmels ohne jede Abblendung und Lichtverlust der Linse abgebildet wird. Wird nun der Apparat mit einem astronomischen Axensystem, sei es mit einem Universalinstrument oder mit äquatorealer Montirung verbunden, so lässt sich auch der Punkt des Himmels, auf den das Quarzobjectiv gerichtet ist, genau bestimmen. So wurde jeweils eine kleine Stelle des Zodiacallichts auf der Platte aufgenommen, dann die Platte weiter geschoben, der Apparat auf eine andere Stelle des Zodiacallichts gerichtet und diese aufgenommen. Bei genau gleicher Expositionszeit sind die Helligkeiten der Bilder vergleichbar und es lassen sich auch die hellsten Punkte des Zodiacallichts bestimmen, durch Aufzeichnung und Verbindung der hellsten Stellen die Axenlage feststellen.

Schon die ersten Beobachtungen mit diesem Apparat ergaben Resultate, die genau mit dem von MARCHAND auf schätzendem Wege erzielten übereinstimmten, die aber des vollständig objectiven Vorgangs wegen, die bei der WOLF'schen Methode zur Anwendung kam, von wesentlich ausschlaggebenderer Bedeutung sind.

Die Schärfe der photographischen Aufnahmen ist bei dieser Gelegenheit noch in erhöhtem Maasse hervorgetreten. Zuerst von BRORSEN, dann aber

auch von anderen Astronomen, namentlich BARNARD ist genau der Sonne gegenüberliegend zu Zeiten ein äusserst matter Lichtschimmer bemerkt worden, dem der Name des »Gegenscheins« beigelegt ist. Wenn auch nach den visuellen Beobachtungen kaum mehr an der Realität der Erscheinung gezweifelt werden konnte, so ist es doch bei ihrer ausserordentlichen Schwäche von Wichtigkeit, dass auch der Gegenschein sich auf der photographischen Platte aufgezeichnet hat.

Nach diesen Beobachtungen ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass das Zodiacallicht von einer sehr dünnen Materie gebildet wird, die in einem stark abgeplatteten Ellipsoid in der Ebene des Sonnenäquators um die Sonne gelagert ist und sich bis über die Erdbahn hinaus erstreckt. VALENTINER.

Anhang.

TAFELN.

VORBEMERKUNG.

Es war meine Absicht, in einem Anhang zum Handwörterbuch eine grössere Sammlung von Hülfstafeln zu geben, welche dem praktischen Astronomen zum Theil unentbehrlich, zum Theil für die verschiedensten Aufgaben angenehm und bequem sind. Da aber das Werk in seinem Text einen sehr viel grösseren Umfang angenommen hat, als beim Entwurf des Planes vorhergesehen werden konnte, glaube ich mich jetzt auf das Nothwendigste beschränken zu müssen. Es sind daher nur diejenigen Tafeln zum Abdruck gelangt, auf welche im Text direkt Bezug genommen worden ist. Ich hätte besonders gewünscht, Refractionstafeln nach RADAU beigeben zu können, für welche ein direktes Bedürfnis vorliegt, da die sie enthaltende Originalabhandlung nicht gerade leicht zugänglich ist. Indessen musste auch hiervon Abstand genommen werden, da durch die Uebertragung derselben in eine wirklich bequeme rechnerische Form ein sehr grosser durchaus nicht mehr verfügbarer Raum beansprucht worden wäre.

Tafel I.

Die BARKER'sche Tafel zur Berechnung der wahren bezw. mittleren Anomalie für die in der Parabel sich bewegenden Kometen.

Sie ist in der OLBERS'schen Form gegeben, wo $M = \frac{75\,kt}{\sqrt{2\,q^3}}$ ist, obwohl im Text zumeist die OPPOLZER'sche Form, wo $M = \frac{t}{q^{\frac{3}{2}}}$ ist, zu Grunde gelegt wurde. Abgesehen vom OPPOLZER'schen Werk hat sich die OLBERS'sche Form in allen Werken über die Bahnbestimmung erhalten, ist insbesondere auch in die verbreitete neue Auflage des KLINKERFUES'schen Werkes von BUCHHOLZ übernommen, es wird daher unter Benutzung des Handbuchs dem Berechner erster Bahnen, wozu auch die Beschränkung auf 6 Dezimalen genügt, in der Regel angenehmer sein, beim Uebergang zu genaueren Berechnungen dieselbe Form in den ausführlichen Werken zu finden.

Das Fortschreiten des Arguments von 100″ zu 100″ ist hauptsächlich aus typographischen Ursachen gewählt worden. Proportionaltäfelchen sind bei den allzu rasch wachsenden Differenzen, wo man mit grösserem Vortheil die vierstellige Logarithmentafel verwenden wird, fortgelassen.

Die Tafel giebt für v von 0°—20° M selbst, von 20° an $\log M$.

Tafel für $M = \frac{75\,kt}{\sqrt{2q^3}}$

v	0° M	0° Diff. 1″	1° M	1° Diff. 1″	2° M	2° Diff. 1″	3° M	3° Diff. 1″
0′ 0″	0·00000		0·65453		1·30926		1·96439	
		18·18		18·19		18·19		18·21
1 40	0·01818		0·67272		1·32745		1·98260	
		18·18		18·18		18·20		18·20
3 20	0·03636		0·69090		1·34565		2·00080	
		18·18		18·18		18·19		18·21
5 0	0·05454		0·70908		1·36384		2·01901	
		18·18		18·19		18·19		18·21
6 40	0·07272		0·72727		1·38203		2·03722	
		18·18		18·18		18·19		18·21
8 20	0·09090		0·74545		1·40022		2·05543	
		18·18		18·18		18·20		18·20
10 0	0·10908		0·76363		1·41842		2·07363	
		18·18		18·19		18·19		18·21
11 40	0·12726		0·78182		1·43661		2·09184	
		18·18		18·18		18·20		18·21
13 20	0·14544		0·80000		1·45481		2·11005	
		18·19		18·19		18·19		18·21
15 0	0·16363		0·81819		1·47300		2·12826	
		18·18		18·18		18·19		18·21
16 40	0·18181		0·83637		1·49119		2·14647	
		18·18		18·19		18·20		18·21
18 20	0·19999		0·85456		1·50939		2·16468	
		18·18		18·18		18·20		18·21
20 0	0·21817		0·87274		1·53759		2·18289	
		18·18		18·19		18·19		18·21
21 40	0·23635		0·89093		1·54578		2·20110	
		18·18		18·18		18·20		18·22
23 20	0·25453		0·90911		1·56398		2·21932	
		18·18		18·19		18·19		18·21
25 0	0·27271		0·92730		1·58217		2·23753	
		18·18		18·19		18·20		18·21
26 40	0·29089		0·94549		1·60037		2·25574	
		18·18		18·18		18·20		18·22
28 20	0·30907		0·96367		1·61857		2·27396	
		18·18		18·19		18·20		18·21
30 0	0·32725		0·98186		1·63677		2·29217	
		18·18		18·19		18·19		18·21
31 40	0·34543		1·00005		1·65496		2·31038	
		18·19		18·18		18·20		18·22
33 20	0·36362		1·01823		1·67316		2·32860	
		18·18		18·19		18·20		18·22
35 0	0·38180		1·03642		1·69136		2·34682	
		18·18		18·19		18·20		18·21
36 40	0·39998		1·05461		1·70956		2·36503	
		18·18		18·19		18·20		18·22
38 20	0·41816		1·07280		1·72776		2·38325	
		18·18		18·18		18·20		18·22
40 0	0·43634		1·09098		1·74596		2·40147	
		18·18		18·19		18·20		18·22
41 40	0·45452		1·10917		1·76416		2·41969	
		18·19		18·19		18·20		18·21
43 20	0·47271		1·12736		1·78236		2·43790	
		18·18		18·19		18·20		18·22
45 0	0·49089		1·14555		1·80056		2·45612	
		18·18		18·19		18·20		18·22
46 40	0·50907		1·16374		1·81876		2·47434	
		18·18		18·19		18·21		18·22
48 20	0·52725		1·18193		1·83697		2·49256	
		18·18		18·19		18·20		18·22
50 0	0·54543		1·20012		1·85517		2·51078	
		18·19		18·19		18·20		18·23
51 40	0·56362		1·21831		1·87337		2·52901	
		18·18		18·19		18·20		18·22
53 20	0·58180		1·23650		1·89157		2·54723	
		18·18		18·19		18·21		18·22
55 0	0·59998		1·25469		1·90978		2·56545	
		18·19		18·19		18·20		18·22
56 40	0·61817		1·27288		1·92798		2·58367	
		18·18		18·19		18·21		18·23
58 20	0·63635		1·29107		1·94619		2·60190	
		18·18		18·19		18·20		18·22
60 0	0·65453		1·30926		1·96439		2·62012	

Proportionaltheile

	18·18	18·19
1	18·18	18·19
2	36·36	36·38
3	54·54	54·57
4	72·72	72·76
5	90·90	90·95
6	109·08	109·14
7	127·26	127·33
8	145·44	145·52
9	163·62	163·71

	18·20	18·21
1	18·20	18·21
2	36·40	36·42
3	54·60	54·63
4	72·80	72·84
5	91·00	91·05
6	109·20	109·26
7	127·40	127·47
8	145·60	145·68
9	163·80	163·89

	18·22	18·23
1	18·22	18·23
2	36·44	36·46
3	54·66	54·69
4	72·88	72·92
5	91·10	91·15
6	109·32	109·38
7	127·54	127·61
8	145·76	145·84
9	163·98	164·07

	18·24	18·25
1	18·24	18·25
2	36·48	36·50
3	54·72	54·75
4	72·96	73·00
5	91·20	91·25
6	109·44	109·50
7	127·68	127·75
8	145·92	146·00
9	164·16	164·25

Tafel für $M = \frac{75\,kt}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	4° *M*	4° Diff. 1″	5° *M*	5° Diff. 1″	6° *M*	6° Diff. 1″	7° *M*	7° Diff. 1″
0′ 0″	2·62012		3·27665		3·93418		4·59292	
		18·23		18·25		18·28		18·31
1 40	2.63835		3·29490		3·95246		4·61123	
		18·22		18·25		18·28		18·32
3 20	2·65657		3·31315		3·97074		4·62955	
		18·23		18·25		18·29		18·32
5 0	2·67480		3·33140		3·98903		4·64787	
		18·23		18·26		18·28		18·32
6 40	2·69303		3·34966		4·00731		4·66619	
		18·22		18·25		18·29		18·32
8 20	2·71125		3·36791		4·02560		4·68451	
		18·23		18·25		18·28		18·33
10 0	2·72948		3·38616		4·04388		4·70284	
		18·23		18·26		18·29		18·32
11 40	2·74771		3·40442		4·06217		4·72116	
		18·23		18·26		18·29		18·33
13 20	2·76594		3·42268		4·08046		4·73949	
		18·23		18·25		18·28		18·32
15 0	2·78417		3·44093		4·09874		4·75781	
		18·23		18·26		18·29		18·33
16 40	2·80240		3·45919		4·11703		4·77614	
		18·23		18·26		18·29		18·33
18 20	2·82063		3·47745		4·13532		4·79447	
		18·24		18·26		18·30		18·33
20 0	2·83887		3·49571		4·15362		4·81280	
		18·23		18·26		18·29		18·33
21 40	2·85710		3·51397		4·17191		4·83113	
		18·23		18·26		18·29		18·33
23 20	2·87533		3·53223		4·19020		4·84946	
		18·24		18·26		18·30		18·33
25 0	2·89357		3·55049		4·20850		4·86779	
		18·23		18·26		18·29		18·34
26 40	2·91180		3·56875		4·22679		4·88613	
		18·24		18·26		18·30		18·33
28 20	2·93004		3·58701		4·24509		4·90446	
		18·23		18·27		18·30		18·34
30 0	2·94827		3·60528		4·26339		4·92280	
		18·24		18·26		18·29		18·34
31 40	2·96651		3·62354		4·28168		4·94114	
		18·24		18·27		18·30		18·34
33 20	2·98475		3·64181		4·29998		4·95948	
		18·24		18·27		18·30		18·34
35 0	3·00299		3·66008		4·31828		4·97782	
		18·24		18·26		18·31		18·34
36 40	3·02123		3·67834		4·33659		4·99616	
		18·24		18·27		18·30		18·34
38 20	3·03947		3·69661		4·35489		5·01450	
		18·24		18·27		18·30		18·34
40 0	3·05771		3·71488		4·37319		5·03284	
		18·24		18·27		18·31		18·35
41 40	3·07595		3·73315		4·39150		5·05119	
		18·24		18·27		18·30		18·34
43 20	3·09419		3·75142		4·40980		5·06953	
		18·24		18·27		18·31		18·35
45 0	3·11243		3·76969		4·42811		5·08788	
		18·25		18·28		18·31		18·35
46 40	3·13068		3·78797		4·44642		5·10623	
		18·24		18·27		18·31		18·35
48 20	3·14892		3·80624		4·46473		5·12458	
		18·25		18·28		18·31		18·35
50 0	3·16717		3·82452		4·48304		5·14293	
		18·24		18·27		18·31		18·35
51 40	3·18541		3·84279		4·50135		5·16128	
		18·25		18·28		18·31		18·35
53 20	3·20366		3·86107		4·51966		5·17963	
		18·25		18·27		18·31		18·36
55 0	3·22191		3·87934		4·53797		5·19799	
		18·24		18·28		18·32		18·35
56 40	3·24015		3·89762		4·55629		5·21634	
		18·25		18·28		18·31		18·36
58 20	3·25840		3·91590		4·57460		5·23470	
		18·25		18·28		18·32		18·36
60 0	3·27665		3·93418		4·59292		5·25306	

Proportional-theile

	18·26	18·27
1	18·26	18·27
2	36·52	36·54
3	54·78	54·81
4	73·04	73·08
5	91·30	91·35
6	109·56	109·62
7	127·82	127·89
8	146·08	146·16
9	164·34	164.43

	18·28	18·29
1	18·28	18·29
2	36·56	36·58
3	54·84	54·87
4	73·12	73·16
5	91·40	91·45
6	109·68	109·74
7	127·96	128·03
8	146·24	146·32
9	164·52	164·61

	18·30	18·31
1	18·30	18·31
2	36·60	36·62
3	54·90	54·93
4	73·20	73·24
5	91·50	91·55
6	109·80	109·86
7	128·10	128·17
8	146·40	146·48
9	164·70	164·79

	18·32	18·33
1	18·32	18·33
2	36·64	36·66
3	54·96	54·99
4	73·28	73·32
5	91·60	91·65
6	109·92	109·98
7	128·24	128·31
8	146·56	146·64
9	164·88	164·97

Tafel für $M = \frac{75\,k\,t}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	8°		9°		10°		11°	
	M	Diff. 1″	M	Diff. 1″	M	Diff. 1″	M	Diff. 1″
0′ 0″	5·25306	18·36	5·91481	18·41	6·57839	18·46	7·24400	18·52
1 40	5·27142	18·36	5·93322	18·41	6·59685	18·46	7·26252	18·52
3 20	5·28978	18·36	5·95163	18·41	6·61531	18·47	7·28104	18·52
5 0	5·30814	18·36	5·97004	18·41	6·63378	18·46	7·29956	18·53
6 40	5·32650	18·37	5·98845	18·41	6·65224	18·47	7·31809	18·53
8 20	5·34487	18·36	6·00686	18·42	6·67071	18·47	7·33662	18·52
10 0	5·36323	18·37	6·02528	18·41	6·68918	18·47	7·35514	18·53
11 40	5·38160	18·37	6·04369	18·42	6·70765	18·47	7·37367	18·54
13 20	5·39997	18·37	6·06211	18·42	6·72612	18·47	7·39221	18·53
15 0	5·41834	18·37	6·08053	18·42	6·74459	18·48	7·41074	18·54
16 40	5·43671	18·37	6·09895	18·42	6·76307	18·48	7·42928	18·53
18 20	5·45508	18·37	6·11737	18·42	6·78155	18·47	7·44781	18·54
20 0	5·47345	18·38	6·13579	18·43	6·80002	18·48	7·46635	18·54
21 40	5·49183	18·38	6·15422	18·42	6·81850	18·49	7·48489	18·55
23 20	5·51021	18·37	6·17264	18·43	6·83699	18·48	7·50344	18·54
25 0	5·52858	18·38	6·19107	18·43	6·85547	18·48	7·52198	18·55
26 40	5·54696	18·38	6·20950	18·43	6·87395	18·49	7·54053	18·55
28 20	5·56534	18·38	6·22793	18·43	6·89244	18·49	7·55908	18·55
30 0	5·58372	18·38	6·24636	18·44	6·91093	18·49	7·57763	18·55
31 40	5·60210	18·39	6·26480	18·43	6·92942	18·49	7·59618	18·55
33 20	5·62049	18·38	6·28323	18·44	6·94791	18·49	7·61473	18·56
35 0	5·63887	18·39	6·30167	18·43	6·96640	18·50	7·63329	18·56
36 40	5·65726	18·39	6·32010	18·44	6·98490	18·49	7·65185	18·56
38 20	5·67565	18·39	6·33854	18·44	7·00339	18·50	7·67041	18·56
40 0	5·69404	18·39	6·35698	18·45	7·02189	18·50	7·68897	18·56
41 40	5·71243	18·39	6·37543	18·44	7·04039	18·50	7·70753	18·56
43 20	5·73082	18·39	6·39387	18·45	7·05889	18·50	7·72609	18·57
45 0	5·74921	18·40	6·41232	18·44	7·07739	18·51	7·74466	18·57
46 40	5·76761	18·39	6·43076	18·45	7·09590	18·51	7·76323	18·57
48 20	5·78600	18·40	6·44921	18·45	7·11441	18·50	7·78180	18·57
50 0	5·80440	18·40	6·46766	18·45	7·13291	18·51	7·80037	18·58
51 40	5·82280	18·40	6·48611	18·45	7·15142	18·51	7·81895	18·57
53 20	5·84120	18·40	6·50456	18·46	7·16993	18·52	7·83752	18·58
55 0	5·85960	18·40	6·52302	18·45	7·18845	18·51	7·85610	18·58
56 40	5·87800	18·41	6·54147	18·46	7·20696	18·52	7·87468	18·58
58 20	5·89641	18·40	6·55993	18·46	7·22548	18·52	7·89326	18·58
60 0	5·91481		6·57839		7·24400		7·91184	

Proportional-theile		
	18·36	18·39
1	18·36	18·39
2	36·72	36·78
3	55·08	55·17
4	73·44	73·56
5	91·80	91·95
6	110·16	110·34
7	128·52	128·73
8	146·88	147·12
9	165·24	165·51
	18·42	18·45
1	18·42	18·45
2	36·84	36·90
3	55·26	55·35
4	73·68	73·80
5	92·10	92·25
6	110·52	110·70
7	128·94	129·15
8	147·36	147·60
9	165·78	166·05
	18·48	18·51
1	18·48	18·51
2	36·96	37·02
3	55·44	55·53
4	73·92	74·04
5	92·40	92·55
6	110·88	111·06
7	129·36	129·57
8	147·84	148·08
9	166·32	166·59
	18·54	18·57
1	18·54	18·57
2	37·08	37·14
3	55·62	55·71
4	74·16	74·28
5	92·70	92·85
6	111·24	111·42
7	129·78	129·99
8	148·32	148·56
9	166·86	167·13

Tafel für $M = \frac{75\,kt}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	12° M	12° Diff. 1″	13° M	13° Diff. 1″	14° M	14° Diff. 1″	15° M	15° Diff. 1″
0′ 0″	7·91184	18·59	8·58215	18·65	9·25512	18·73	9·93098	18·82
1 40	7·93043	18·59	8·60080	18·66	9·27385	18·74	9·94980	18·82
3 20	7·94902	18·59	8·61946	18·66	9·29259	18·74	9·96862	18·82
5 0	7·96761	18·59	8·63812	18·67	9·31133	18·74	9·98744	18·83
6 40	7·98620	18·59	8·65679	18·66	9·33007	18·74	10·00627	18·82
8 20	8·00479	18·60	8·67545	18·67	9·34881	18·75	10·02509	18·83
10 0	8·02339	18·59	8·69412	18·67	9·36756	18·74	10·04392	18·84
11 40	8·04198	18·60	8·71279	18·67	9·38630	18·75	10·06276	18·83
13 20	8·06058	18·60	8·73146	18·67	9·40505	18·76	10·08159	18·84
15 0	8·07918	18·60	8·75013	18·68	9·42381	18·75	10·10043	18·84
16 40	8·09778	18·61	8·76881	18·67	9·44256	18·76	10·11927	18·84
18 20	8·11639	18·61	8·78748	18·68	9·46132	18·76	10·13811	18·84
20 0	8·13500	18·60	8·80616	18·69	9·48008	18·76	10·15695	18·85
21 40	8·15360	18·61	8·82485	18·68	9·49884	18·76	10·17580	18·85
23 20	8·17221	18·62	8·84353	18·68	9·51760	18·77	10·19465	18·85
25 0	8·19083	18·61	8·86221	18·69	9·53637	18·76	10·21350	18·85
26 40	8·20944	18·62	8·88090	18·69	9·55513	18·77	10·23235	18·86
28 20	8·22806	18·62	8·89959	18·70	9·57390	18·78	10·25121	18·86
30 0	8·24668	18·62	8·91829	18·69	9·59268	18·77	10·27007	18·86
31 40	8·26530	18·62	8·93698	18·70	9·61145	18·78	10·28893	18·86
33 20	8·28392	18·62	8·95568	18·70	9·63023	18·78	10·30779	18·87
35 0	8·30254	18·63	8·97438	18·70	9·64901	18·78	10·32666	18·87
36 40	8·32117	18·63	8·99308	18·70	9·66779	18·78	10·34553	18·87
38 20	8·33980	18·63	9·01178	18·71	9·68657	18·79	10·36440	18·88
40 0	8·35843	18·63	9·03049	18·70	9·70536	18·79	10·38328	18·87
41 40	8·37706	18·63	9·04919	18·71	9·72415	18·79	10·40215	18·88
43 20	8·39569	18·64	9·06790	18·71	9·74294	18·79	10·42103	18·88
45 0	8·41433	18·64	9·08661	18·72	9·76173	18·80	10·43991	18·89
46 40	8·43297	18·64	9·10533	18·71	9·78053	18·80	10·45880	18·88
48 20	8·45161	18·64	9·12404	18·72	9·79933	18·80	10·47768	18·89
50 0	8·47025	18·64	9·14276	18·72	9·81813	18·80	10·49657	18·89
51 40	8·48889	18·65	9·16148	18·73	9·83693	18·81	10·51546	18·90
53 20	8·50754	18·65	9·18021	18·72	9·85574	18·81	10·53436	18·89
55 0	8·52619	18,65	9·19893	18·73	9·87455	18·81	10·55325	18·90
56 40	8·54484	18·65	9·21766	18·73	9·89336	18·81	10·57215	18·91
58 20	8·56349	18·66	9·23639	18·73	9·91217	18·81	10·59106	18·90
60 0	8·58215		9·25512		9·93098		10·60996	

Proportionaltheile

	18·60	18·63	18·66	18·69	18·72	18·75	18·78	18·81
1	18·60	18·63	18·66	18·69	18·72	18·75	18·78	18·81
2	37·20	37·26	37·32	37·38	37·44	37·50	37·56	37·62
3	55·80	55·89	55·98	56·07	56·16	56·25	56·34	56·43
4	74·40	74·52	74·64	74·76	74·88	75·00	75·12	75·24
5	93·00	93·15	93·30	93·45	93·60	93·75	93·90	94·05
6	111·60	111·78	111·96	112·14	112·32	112·50	112·68	112·86
7	130·20	130·41	130·62	130·83	131·04	131·25	131·46	131·67
8	148·80	149·04	149·28	149·52	149·76	150·00	150·24	150·48
9	167·40	167·67	167·94	168·21	168·48	168·75	169·02	169·29

Tafel für $M = \frac{75\,kt}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	16° M	Diff. 1″	17° M	Diff. 1″	18° M	Diff. 1″	19° M	Diff. 1″
0′ 0″	10·60996	18·91	11·29228	19·00	11·97816	19·11	12·66785	19·21
1 40	10·62887	18·91	11·31128	19·01	11·99727	19·11	12·68706	19·22
3 20	10·64778	18·91	11·33029	19·00	12·01638	19·11	12·70628	19·22
5 0	10·66669	18·91	11·34929	19·02	12·03549	19·11	12·72550	19·23
6 40	10·68560	18·92	11 36831	19·01	12·05460	19·12	12·74473	19·22
8 20	10·70452	18·92	11·38732	19·02	12·07372	19·12	12·76395	19·23
10 0	10·72344	18·92	11·40634	19·02	12·09284	19 12	12·78318	19·24
11 40	10·74236	18·93	11·42536	19·02	12·11196	19·13	12·80242	19·23
13 20	10·76129	18·93	11·44438	19·C2	12·13109	19·13	12·82165	19·24
15 0	10·78022	18·93	11·46340	19·03	12·15022	19·13	12·84089	19·25
16 40	10·79915	18·93	11·48243	19·03	12·16935	19·14	12·86014	19·24
18 20	10·81808	18·94	11·50146	19·04	12·18849	19·13	12·87938	19·25
20 0	10·83702	18·94	11·52050	19·03	12·20762	19·15	12·89863	19·25
21 40	10·85596	18·94	11·53953	19·04	12·22677	19·14	12·91788	19·26
23 20	10·87490	18·94	11·55857	19·05	12·24591	19·15	12 93714	19·26
25 0	10·89384	18·95	11·57762	19·04	12·26506	19·15	12·95640	19·26
26 40	10·91279	18·95	11·59666	19·05	12·28421	19·15	12·97566	19·27
28 20	10·93174	18·95	11·61571	19·05	12·30336	19·16	12·99493	19·26
30 0	10·95069	18·95	11·63476	19·05	12·32252	19·16	13·01419	19·28
31 40	10·96964	18·96	11·65381	19·06	12·34168	19·16	13·03347	19·27
33 20	10·98860	18·96	11·67287	19·06	12·36084	19·16	13·05274	19·28
35 0	11·00756	18·96	11·69193	19·06	12·38000	19·17	13·07202	19·28
36 40	11·02652	18·97	11·71099	19·07	12·39917	19·17	13·09130	19·28
38 20	11·04549	18·96	11·73006	19·06	12·41834	19·18	13·11058	19·29
40 0	11·06445	18·97	11·74912	19·07	12·43752	19·17	13· 2987	19·29
41 40	11·08342	18·98	11·76819	19·08	12·45669	19·19	13·14916	19·30
43 20	11·10240	18·97	11·78727	19·07	12·47588	19·18	13·16846	19·30
45 0	11·12137	18·98	11·80634	19·08	12·49506	19·19	13·18776	19·30
46 40	11·14035	18·98	11·82542	19·09	12·51425	19·19	13·20706	19·30
48 20	11·15933	18·99	11·84451	19·08	12·53344	19·19	13·22636	19·31
50 0	11·17832	18·98	11·86359	19·09	12·55263	19·19	13·24567	19·31
51 40	11·19730	18·99	11·88268	19 09	12·57182	19·20	18·26498	19·31
53 20	11·21629	18·99	11·90177	19·09	12·59102	19·21	13·28429	19·32
55 0	11·23528	19·00	11·92086	19·10	12·61023	19 20	13·30361	19·32
56 40	11·25428	19·00	11·93996	19·10	12·62943	19·21	13·32293	19·32
58 20	11·27328	19·00	11·95906	19·10	12·64864	19·21	13·34225	19·33
60 0	11·29228		11·97816		12·66785		13·36158	

Proportionaltheile

	18·84	18·87
1	18·84	18·87
2	37·68	87·74
3	56·52	56·61
4	75·36	75·48
5	94·20	94·35
6	113·04	123·22
7	131·88	132·09
8	150·72	150·96
9	169·56	169·83
	18·90	19·00
1	18·90	19·00
2	37·80	38·00
3	56·70	57·00
4	75·60	76·00
5	94·50	95·00
6	113·40	114·00
7	132·30	133·00
8	151·20	152·00
9	170·10	171 00
	19·10	19·20
1	19·10	19·20
2	38·20	38·40
3	57·30	57·60
4	76·40	76·80
5	95·50	96·00
6	114·60	115·20
7	133·70	134·40
8	152·80	153·60
9	171·90	172·80
	19·30	19·40
1	19·30	19·40
2	38·60	38·80
3	57·90	58·20
4	77·20	77·60
5	96·50	97·00
6	115·80	116·40
7	135·10	135·80
8	154·40	155·20
9	173·70	174·60

Tafel für $log\, M = log \frac{75\, k t}{\sqrt{2\, q^3}}$

v	20° log M	20° Diff. 1″	21° log M	21° Diff. 1″	22° log M	22° Diff. 1″	23° log M	23° Diff. 1″
0′ 0″	1·125858	6·28	1·147973	6·00	1·169149	5·76	1·189475	5·53
1 40	6486	6·27	8573	6·00	1·169725	5·75	1·190028	5·53
3 20	7113	6·26	9173	5·99	1·170300	5·74	0581	5·52
5 0	7739	6·25	1·149772	5·98	0874	5·74	1133	5·52
6 40	8364	6·25	1·150370	5·98	1448	5·73	1685	5·51
8 20	8989		0968		2021		2236	
		6·24		5·97		5·72		5·50
10 0	1·129613	6·23	1·151565	5·96	1·172593	5·72	1·192786	5·49
11 40	1·130236	6·22	2161	5·95	3165	5·71	3335	5·49
13 20	0858	6·22	2756	5·95	3736	5·71	3884	5·49
15 0	1480	6·21	3351	5·94	4307	5·70	4433	5·48
16 40	2101	6·20	3945	5·93	4877	5·69	4981	5·47
18 20	2721		4538		5446		5528	
		6·19		5·93		5·69		5·47
20 0	1·133340	6·18	1·155131	5·92	1·176015	5·68	1·196075	5·46
21 40	3958	6·18	5723	5·91	6583	5·67	6621	5·46
23 20	4576	6·17	6314	5·91	7150	5·67	7167	5·45
25 0	5193	6·16	5905	5·90	7717	5·66	7712	5·44
26 40	5809	6·15	7495	5·89	8283	5·65	8256	5·44
28 20	6424		8084		8848		8800	
		6·14		5·88		5·65		5·44
30 0	1·137038	6·14	1·158672	5·88	1·179413	5·64	1·199344	5·43
31 40	7652	6·13	9260	5·87	1·179977	5·64	1·199887	5·42
33 20	8265	6·12	1·159847	5·86	1·180541	5·63	1·200429	5·41
35 0	8877	6·12	1·160433	5·86	1104	5·62	0970	5·41
36 40	1·139489	6·11	1019	5·85	1666	5·62	1511	5·41
38 20	1·140100		1604		2228		2052	
		6·10		5·84		5·61		5·40
40 0	1·140710	6·10	1·162188	5·84	1·182789	5·61	1·202592	5·39
41 40	1320	6·09	2772	5·83	3350	5·60	3131	5·39
43 20	1929	6·08	3355	5·83	3910	5·59	3670	5·38
45 0	2537	6·07	3938	5·82	4469	5·59	4208	5·38
46 40	3144	6·06	4520	5·81	5028	5·58	4746	5·37
48 20	3750		5101		5586		5283	
		6·05		5·80		5·57		5·37
50 0	1·144355	6·04	1·165681	5·80	1·186143	5·57	1·205820	5.36
51 40	4959	6·04	6261	5·79	6700	5·56	6356	5·35
53 20	5563	6·04	6840	5·78	7256	5.56	6891	5·35
55 0	6167	6·03	7418	5·78	7812	5·55	7426	5·34
56 40	6770	6·02	7996	5·77	8367	5·54	7960	5·34
58 20	7372		8573		8921		8494	
		6·01		5·76		5·54		5·34
60 0	1·147973		1·169149		1·189475		1·209028	

Proportionaltheile

	630	620	610
1	6·3	6·2	6·1
2	12·6	12·4	12·2
3	18·9	18·6	18·3
4	25·2	24·8	24·4
5	31·5	31·0	30·5
6	37·8	37·2	36·6
7	44·1	43·4	42·7
8	50·4	49·6	48·8
9	56·7	55·8	54·9

	600	590	580
1	6·0	5·9	5·8
2	12·0	11·8	11·6
3	18·0	17·7	17·4
4	24·0	23·6	23·2
5	30·0	29·5	29·0
6	36·0	35·4	34·8
7	42·0	41·3	40·6
8	48·0	47·2	46·4
9	54·0	53·1	52·2

	570	560	550
1	5·7	5·6	5·5
2	11·4	11·2	11·0
3	17·1	16·8	16·5
4	22·8	22·4	22·0
5	28·5	28·0	27·5
6	34·2	33·6	33·0
7	39·9	39·2	38·5
8	45·6	44·8	44·0
9	51·3	50·4	49·5

	540	530	520
1	5.4	5·3	5·2
2	10·8	10·6	10·4
3	16·2	15·9	15·6
4	21·6	21·2	20·8
5	27·0	26·5	26·0
6	32·4	31·8	31·2
7	37·8	37·1	36·4
8	43·2	42·4	41·6
9	48·6	47·7	46·8

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ k\ t}{\sqrt{2\ q^3}}$

	24°		25°		26°		27°	
	log M	Diff. 1″	*log M*	Diff. 1″	*log M*	Diff. 1″	*log M*	Diff. 1″
0′ 0″	1·209028	5·33	1·227874	5·14	1·246074	4·97	1·263680	4·81
1 40	1·209561	5·32	8388	5·13	6571	4·96	4161	4·80
3 20	1·210093	5·31	8901	5·13	7067	4·96	4641	4·80
5 0	0624	5·31	9414	5·13	7563	4·95	5121	4·80
6 40	1155	5·31	1·229927	5·12	8058	4·95	5601	4·80
8 20	1686		1·230439		8553		6081	
		5·30		5·12		4·95		4·79
10 0	1·212216	5·29	1·230951	5·11	1·249048	4·94	1·266560	4·78
11 40	2745	5·29	1462	5·11	1·249542	4·94	7038	4·78
13 20	3274	5·29	1973	5·10	1·250036	4·93	7516	4·78
15 0	3803	5·28	2483	5·10	0529	4·93	7994	4·77
16 40	4331	5·27	2993	5·09	1022	4·92	8471	4·77
18 20	4858		3502		1514		8948	
		5·27		5·08		4·92		4·77
20 0	1·215385	5·26	1·234010	5·08	1·252006	4·91	1·269425	4·76
21 40	5911	5·26	4518	5·07	2497	4·91	1·269901	4·76
23 20	6437	5·25	5025	5·07	2988	4·91	1·270377	4·75
25 0	6962	5·25	5532	5·07	3479	4·90	0852	4·75
26 40	7487	5·24	6039	5·06	3969	5·90	1327	4·74
28 20	8011		6545		4459		1801	
		5·24		5·06		4·89		4·74
30 0	1·218535	5·23	1·237051	5·05	1·254948	4·89	1·272275	4·74
31 40	9058	5·23	7556	5·05	5437	4·88	2749	4·73
33 20	1·219581	5·22	8061	5·04	5925	4·88	3222	4·73
35 0	1·220103	5·22	8565	5·04	6413	4·87	3695	4·72
36 40	0625	5·21	1·239069	5·04	6900	4·87	4167	4·72
38 20	1146		1·239573		7387		4639	
		5·20		5·03		4·87		4·72
40 0	1·221666	5·20	1·240076	5·02	1·257874	4·86	1·275111	4·71
41 40	2186	5·20	0578	5·02	8360	4·86	5582	4·71
43 20	2706	5·19	1080	5·01	8846	4·85	6053	4·70
45 0	3225	5·18	1581	5·01	9331	4·85	6523	4·70
46 40	3743	5·18	2082	5·01	1·259816	4·85	6993	4·70
48 20	4261		2583		1·260301		7463	
		5·18		5·00		4·84		4·69
50 0	1·224779	5·17	1·243083	5·00	1·260785	4·83	1·277932	4·69
51 40	5296	5·17	3583	4·99	1268	4·83	8401	4·69
53 20	5813	5·16	4082	4·99	1751	4·83	8870	4·68
55 0	6329	5·15	4581	4·98	2234	4·82	9338	4·67
56 40	6844	5·15	5079	4·98	2716	4·82	1·279805	4·67
58 20	7359		5577		3198		1·280272	
		5·15		4·97		4·82		4·67
60 0	1·227874		1·246074		1·263680		1·280739	

Proportionaltheile

	530	525	520
1	5·3	5·3	5·2
2	10·6	10·5	10·4
3	15·9	15·8	15·6
4	21·2	21·0	20·8
5	26·5	26·3	26·0
6	31·8	31·5	31·2
7	37·1	36·8	36·4
8	42·4	42·0	41·6
9	47·7	47·3	46·8
	515	510	505
1	5·2	5·1	5·1
2	10·3	10·2	10·1
3	15·5	15·3	15·2
4	20·6	20·4	20·2
5	25·8	25·5	25·3
6	30·9	30·6	30·3
7	36·1	35·7	35·4
8	41·2	40·8	40·4
9	46·4	45·9	45·5
	500	495	490
1	5·0	5·0	4·9
2	10·0	9·9	9·8
3	15·0	14·9	14·7
4	20·0	19·8	19·6
5	25·0	24·8	24·5
6	30·0	29·7	29·4
7	35·0	34·7	34·3
8	40·0	39·6	39·2
9	45·0	44·6	44·1
	485	480	475
1	4·9	4·8	4·8
2	9·7	9·6	9·5
3	14·6	14·4	14·3
4	19·4	19·2	19·0
5	24·3	24·0	23·8
6	29·1	28·8	28·5
7	34·0	33·6	33·3
8	38·8	38·4	38·0
9	43·7	43·2	42·8

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	28° $log\ M$	Diff. 1″	29° $log\ M$	Diff. 1″	30° $log\ M$	Diff. 1″	31° $log\ M$	Diff. 1″
0′ 0″	1·280739	4·67	1·297295	4·53	1·313385	4·41	1·329043	4·29
1 40	1206	4·66	7748	4·53	3826	4·40	9472	4·29
3 20	1672	4·66	8201	4·52	4266	4·40	1·329901	4·28
5 0	2138	4·65	8653	4·52	4706	4·39	1·330329	4·28
6 40	2603	4·65	9105	4·52	5145	4·40	0757	4·28
8 20	3068	4·65	1·299557	4·51	5585	4·39	1185	4·28
10 0	1·283533	4·64	1·300008	4·51	1·316024	4·38	1·331613	4·27
11 40	3997	4·64	0459	4·51	6462	4·39	2040	4·27
13 20	4461	4·63	0910	4·50	6901	4·38	2467	4·27
15 0	4924	4·63	1360	4·50	7339	4·37	2894	4·26
16 40	5387	4·63	1810	4·50	7776	4·38	3320	4·26
18 20	5850	4·62	2260	4·50	8214	4·37	3746	4·26
20 0	1·286312	4·62	1·302710	4·49	1·318651	4·36	1·334172	4·25
21 40	6774	4·62	3159	4·48	9087	4·37	4597	4·25
23 20	7236	4·61	3607	4·48	9524	4·36	5022	4·25
25 0	7697	4·61	4055	4·47	1·319960	4·35	5447	4·25
26 40	8158	4·60	4502	4·47	1·320395	4·36	5872	4·24
28 20	8618	4·60	4949	4·47	0831	4·35	6296	4·24
30 0	1·289078	4·60	1·305396	4·47	1·321266	4·35	1·336720	4·24
31 40	9538	4·59	5843	4·46	1701	4·34	7144	4·23
33 20	1·289997	4·59	6289	4·46	2135	4·34	7567	4·23
35 0	1·290456	4·58	6735	4·46	2569	4·34	7990	4·23
36 40	0914	4·58	7181	4·45	3003	4·33	8413	4·22
38 20	1372	4·58	7626	4·45	3436	4·34	8835	4·22
40 0	1·291830	4·58	1·308071	4·45	1·323870	4·32	1·339257	4·22
41 40	2288	4·57	8516	4·44	4302	4·33	1·339679	4·22
43 20	2745	4·57	8960	4·44	4735	4·32	1·340101	4·21
45 0	3202	4·56	9404	4·44	5167	4·32	0522	4·21
46 40	3658	4·56	1·309848	4·43	5599	4·32	0943	4·21
48 20	4114	4·55	1·310291	4·43	6031	4·31	1364	4·20
50 0	1·294569	4·55	1·310734	4·43	1·326462	4·31	1·341784	4·20
51 40	5024	4·55	1177	4·42	6893	4·31	2204	4·20
53 20	5479	4·55	1619	4·42	7324	4·30	2624	4·20
55 0	5934	4·54	2061	4·42	7754	4·30	3044	4·19
56 40	6388	4·54	2503	4·41	8184	4·30	3463	4·19
58 20	6842	4·53	2944	4·41	8614	4·29	3882	4·19
60 0	1·297295		1·313385		1·329043		1·344301	

Proportionaltheile.

	470	465	460
1	4·7	4·7	4·6
2	9·4	9·3	9·2
3	14·1	14·0	13·8
4	18·8	18·6	18·4
5	23·5	23·3	23·0
6	28·2	27·9	27·6
7	32·9	32·6	32·2
8	37·6	37·2	36·8
9	42·3	41·9	41·4

	455	450	445
1	4·6	4·5	4·5
2	9·1	9·0	8·9
3	13·7	13·5	13·4
4	18·2	18·0	17·8
5	22·8	22·5	22·3
6	27·3	27·0	26·7
7	31·9	31·5	31·2
8	36·4	36·0	35·6
9	41·0	40·5	40·1

	440	435	430
1	4·4	4·4	4·3
2	8·8	8·7	8·6
3	13·2	13·1	12·9
4	17·6	17·4	17·2
5	22·0	21·8	21·5
6	26·4	26·1	25·8
7	30·8	30·5	30·1
8	35·2	34·8	34·4
9	39·6	39·2	38·7

	425	420	415
1	4·3	4·2	4·2
2	8·5	8·4	8·3
3	12·8	12·6	12·5
4	17·0	16·8	16·6
5	21·3	21·0	20·8
6	25·5	25·2	24·9
7	29·8	29·4	29·1
8	34·0	33·6	33·2
9	38·3	37·8	37·4

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ k\ t}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	32° *log M*	32° Diff. 1″	33° *log M*	33° Diff. 1″	34° *log M*	34° Diff. 1″	35° *log M*	35° Diff. 1″
0′ 0″	1·344301	4·18	1·359186	4·08	1·373725	3·99	1·387942	3·90
1 40	4719	4·18	1·359594	4·08	4124	3·99	8332	3·91
3 20	5137	4·18	1·360002	4·08	4523	3·99	8723	3·90
5 0	5555	4·18	0410	4·08	4922	3·98	9113	3·90
6 40	5973	4·17	0818	4·07	5320	3·98	9503	3·89
8 20	6390		1225		5718		1·389892	
		4·17		4·07		3·98		3·90
10 0	1·346807	4·16	1·361632	4·07	1·376116	3·98	1·390282	3·89
11 40	7223	4·17	2039	4·07	6514	3·98	0671	3·89
13 20	7640	4.16	2446	4·06	6912	3·97	1060	3·88
15 0	8056	4.15	2852	4·06	7309	3·97	1448	3·89
16 40	8471	4·16	3258	4·06	7706	3·96	1837	3·88
18 20	8887		3664		8102		2225	
		4·15		4·06		3·97		3·88
20 0	1·349302	4·15	1·364070	4·05	1·378499	3·96	1·392613	3·88
21 40	1·349717	4·15	4475	4·05	8895	3·96	3001	3·87
23 20	1·350132	4·14	4880	4·05	9291	3·96	3388	3·88
25 0	0546	4·14	5285	4·04	1·379687	3·95	3776	3·87
26 40	0960	4·14	5689	4·04	1·380082	3·95	4163	3·86
28 20	1374		6093		0477		4549	
		4·14		4·04		3·95		3·87
30 0	1·351788	4·13	1·366497	4·04	1·380872	3·95	1·394936	3·87
31 40	2201	4·13	6901	4·04	1267	3·95	5323	3·86
33 20	2614	4·13	7305	4·03	1662	3·94	5709	3·86
35 0	3027	4·13	7708	4·03	2056	3·94	6095	3·85
36 40	3440	4·12	8111	4·03	2450	3·94	6480	3·86
38 20	3852		8514		2844		6866	
		4·12		4·02		3·93		3·85
40 0	1·354264	4·12	1·368916	4·02	1·383237	3·94	1·397251	3·85
41 40	4676	4·11	9318	4·02	3631	3·93	7636	3·85
43 20	5087	4·11	1·369720	4·02	4024	3·93	8021	3·85
45 0	5498	4·11	1·370122	4·01	4417	3·92	8406	3·84
46 40	5909	4·10	0523	4·01	4809	3·93	8790	3·84
48 20	6319		0924		5202		9174	
		4·11		4·01		3·92		3·84
50 0	1·356730	4·10	1·371325	4·01	1·385594	3·92	1·399558	3·84
51 40	7140	4·10	1726	4·00	5986	3·91	1·399942	3·84
53 20	7550	4·09	2126	4·00	6377	3·92	1·400326	3·83
55 0	7959	4·09	2526	4·00	6769	3·91	0709	3·83
56 40	8368	4·09	2926	4·00	7160	3·91	1092	3·83
58 20	8777		3326		7551		1475	
		4·09		3·99		3·91		3·83
60 0	1·359186		1·373725		1·387942		1·401858	

Proportionaltheile.

	418	415	412
1	4·2	4·2	4·1
2	8·4	8·3	8·2
3	12·5	12·5	12·4
4	16·7	16·6	16·5
5	20·9	20·8	20·6
6	25·1	24·9	24·7
7	29·3	29·1	28·8
8	33·4	33·2	33·0
9	37·6	37·4	37·1
	409	**406**	**403**
1	4·1	4·1	4·0
2	8·2	8·1	8·1
3	12·3	12·2	12·1
4	16·4	16·2	16·1
5	20·5	20·3	20·2
6	24·5	24·4	24·2
7	28·6	28·4	28·2
8	32·7	32·5	32·2
9	36·8	36·5	36·3
	400	**397**	**394**
1	4·0	4·0	3·9
2	8·0	7·9	7·9
3	12·0	11·9	11·8
4	16·0	15·9	15·8
5	20·0	19·9	19·7
6	24·0	23·8	23·6
7	28·0	27·8	27·6
8	32·0	31·8	31·5
9	36·0	35·7	35·5
	391	**388**	**385**
1	3·9	3·8	3·9
2	7·8	7·8	7·7
3	11·7	11·6	11·6
4	15·6	15·5	15·4
5	19·6	19·4	19·3
6	23·5	23·3	23·1
7	27·4	27·2	27·0
8	31·3	31·0	30·8
9	35·2	34·9	34·7

Tafel für $\log M = \log \frac{75\,kt}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	36° $\log M$	Diff. 1″	37° $\log M$	Diff. 1″	38° $\log M$	Diff. 1″	39° $\log M$	Diff. 1″
0′ 0″	1·401858	3·82	1·415493	3·75	1·428866	3·68	1·441994	3·62
1 40	2240	3·83	5868	3·75	9234	3·68	2356	3·61
3 20	2623	3·82	6243	3·74	9602	3·67	2717	3·61
5 0	3005	3·81	6617	3·75	1·429969	3·68	3078	3·61
6 40	3386	3·82	6992	3·74	1·430337	3·67	3439	3·60
8 20	3768		7366		0704		3799	
		3·81		3·74		3·67		3·61
10 0	1·404149	3·81	1·417740	3·73	1·431071	3·67	1·444160	3·60
11 40	4530	3·81	8113	3·74	1438	3·67	4520	3·60
13 20	4911	3·81	8487	3·73	1805	3·67	4880	3·60
15 0	5292	3·81	8860	3·73	2171	3·66	5240	3·60
16 40	5673	3·80	9233	3·73	2537	3·66	5600	3·59
18 20	6053		9606		2903		5959	
		3·80		3·73		3·66		3·60
20 0	1·406433	3·80	1·419979	3·73	1·433269	3·65	1·446319	3·59
21 40	6813	3·80	1·420352	3·72	3634	3·66	6678	3·59
23 20	7193	3·79	0724	3·72	4000	3·65	7037	3·59
25 0	7572	3·79	1096	3·72	4365	3·65	7396	3·59
26 40	7951	3·79	1468	3·72	4730	3·65	7755	3·58
28 20	8330		1840		5095		8113	
		3·79		3·71		3·65		3·59
30 0	1·408709	3·79	1·422211	3·72	1·435460	3·64	1·448472	3·58
31 40	9088	3·78	2583	3·71	5824	3·65	8830	3·58
33 20	9466	3·79	2954	3·71	6189	3·64	9188	3·58
35 0	1·409845	3·78	3325	3·71	6553	3·64	9546	3·57
36 40	1·410223	3·77	3696	3·70	6917	3·64	1·449903	3·58
38 20	0600		4066		7281		1·450261	
		3·78		3·71		3·64		3·57
40 0	1·410978	3·77	1·424437	3·70	1·437645	3·63	1·450618	3·57
41 40	1355	3·78	4807	3·70	8008	3·63	0975	3·57
43 20	1733	3·77	5177	3·70	8371	3·63	1332	3·57
45 0	2110	3·76	5547	3·69	8734	3·63	1689	3·57
46 40	2486	3·77	5916	3·70	9097	3·63	2046	3·57
48 20	2863		6286		9460		2403	
		3·76		3·69		3·63		3·56
50 0	1·413239	3·76	1·426655	3·69	1·439823	3·62	1·452759	3·56
51 40	3615	3·76	7024	3·69	1·440185	3·62	3115	3·56
53 20	3991	3·76	7393	3·68	0547	3·62	3471	3·56
55 0	4367	3·76	7761	3·69	0909	3·62	3827	3·56
56 40	4743	3·75	8130	3·68	1271	3·62	4183	3·55
58 20	5118		8498		1633		4538	
		3·75		3·68		3·61		3·55
60 0	1·415493		1·428866		1·441994		1·454893	

Proportional-theile.

	382	379	376
1	3·8	3·8	3·8
2	7·6	7·6	7·5
3	11·5	11·4	11·3
4	15·3	15·2	15·0
5	19·1	19·0	18·8
6	22·9	22·7	22·6
7	26·7	26·5	26·3
8	30·6	30·3	30·1
9	34·4	34·1	33·8

	373	370	367
1	3·7	3·7	3·7
2	7·5	7·4	7·3
3	11·2	11·1	11·0
4	14·9	14·8	14·7
5	18·7	18·5	18·4
6	22·4	22·2	22·0
7	26·1	25·9	25·7
8	29·8	29·6	29·4
9	33·6	33·3	33·0

	364	361	358
1	3·6	3·6	3·6
2	7·3	7·2	7·2
3	10·9	10·8	10·7
4	14·6	14·4	14·3
5	18·2	18·1	17·9
6	21·8	21·7	21·5
7	25·5	25·3	25·1
8	29·1	28·9	28·6
9	32·8	32·5	32·2

	355	352	349
1	3·6	3·5	3·5
2	7·1	7·0	7·0
3	10·7	10·6	10·5
4	14·2	14·1	14·0
5	17·8	17·6	17·5
6	21·3	21·1	20·9
7	24·9	24·6	24·4
8	28·4	28·2	27·9
9	32·0	31·7	31·4

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ k t}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	40° log M	Diff. 1″	41° log M	Diff. 1″	42° log M	Diff. 1″	43° log M	Diff. 1″
0′ 0″	1·454893		1·467578		1·480063		1·492360	
		3·56		3·50		3·44		3·39
1 40	5249		7928		0407		2699	
		3·55		3·49		3·44		3·39
3 20	5604		8277		0751		3038	
		3·55		3·49		3·43		3·38
5 0	5959		8626		1094		3376	
		3·54		3·49		3·44		3·39
6 40	6313		8975		1438		3715	
		3·55		3·49		3·44		3·39
8 20	6668		9324		1782		4054	
		3·54		3·49		3·43		3·38
10 0	1·457022		1·469673		1·482125		1·494392	
		3·54		3·48		3·43		3·38
11 40	7376		1·470021		2468		4730	
		3·54		3·48		3·43		3·38
13 20	7730		0369		2811		5068	
		3·54		3·49		3·43		3·38
15 0	8084		0718		3154		5406	
		3·54		3·48		3·43		3·38
16 40	8438		1066		3497		5744	
		3·53		3·48		3·42		3·38
18 20	8791		1414		3839		6082	
		3·54		3·47		3·43		3·37
20 0	1·459145		1·471761		1·484182		1·496419	
		3·53		3·48		3·42		3·38
21 40	9498		2109		4524		6757	
		3·53		3·47		3·42		3·37
23 20	1·459851		2456		4866		7094	
		3·53		3·48		3·43		3·37
25 0	1·460204		2804		5209		7431	
		3·53		3·47		3·41		3·37
26 40	0557		3151		5550		7768	
		3·52		3·47		3·42		3·37
28 20	0909		3498		5892		8105	
		3·53		3·47		3·42		3·37
30 0	1·461262		1·473845		1·486231		1·498442	
		3·52		3·46		3·41		3·36
31 40	1614		4191		6575		8778	
		3·52		3·47		3·42		3·37
33 20	1966		4538		6917		9115	
		3·52		3·46		3·41		3·36
35 0	2318		4884		7258		9451	
		3·52		3·47		3·41		3·36
36 40	2670		5231		7599		1·499787	
		3·51		3·46		3·41		3·37
38 20	3021		5577		7940		1·500124	
		3·52		3·46		3·41		3·36
40 0	1·463373		1·475923		1·488281		1·500460	
		3·51		3·46		3·40		3·35
41 40	3724		6269		8621		0795	
		3·51		3·45		3·41		3·36
43 20	4075		6614		8962		1131	
		3·51		3·46		3·40		3·36
45 0	4426		6960		9303		1467	
		3·51		3·45		3·41		3·35
46 40	4777		7305		9643		1802	
		3·51		3·45		3·40		3·36
48 20	5128		7650		1·489983		2138	
		3·50		3·45		3·40		3·35
50 0	1·465478		1·477995		1·490323		1·502473	
		3·51		3·45		3·40		3·35
51 40	5829		8340		0663		2808	
		3·50		3·45		3·39		3·35
53 20	6179		8685		1002		3143	
		3·50		3·45		3·40		3·35
55 0	6529		9030		1342		3478	
		3·50		3·44		3·39		3·35
56 40	6879		9374		1681		3813	
		3·50		3·45		3·40		3·34
58 20	7229		1·479719		2021		4147	
		3·49		3·44		3·39		3·34
60 0	1·467578		1·480063		1·492360		1·504481	

Proportionaltheile.

	356	354	352
1	3·6	3·5	3·5
2	7·1	7·1	7·0
3	10·7	10·6	10·6
4	14·2	14·2	14·1
5	17·8	17·7	17·6
6	21·4	21·2	21·1
7	24·9	24·8	24·6
8	28·5	28·3	28·2
9	32·0	31·9	31·7

	350	348	346
1	3·5	3·5	3·5
2	7·0	7·0	6·9
3	10·5	10·4	10·4
4	14·0	13·9	13·8
5	17·5	17·4	17·3
6	21·0	20·9	20·8
7	24·5	24·4	24·2
8	28·0	27·8	27·7
9	31·5	31·3	31·1

	344	342	340
1	3·4	3·4	3·4
2	6·9	6·8	6·8
3	10·3	10·3	10·2
4	13·8	13·7	13·6
5	17·2	17·1	17·0
6	20·6	20·5	20·4
7	24·1	23·9	23·8
8	27·5	27·4	27·2
9	31·0	30·8	30·6

	338	336	334
1	3·4	3·4	3·3
2	6·8	6·7	6·7
3	10·1	10·1	10·0
4	13·5	13·4	13·4
5	16·9	16·8	16·7
6	20·3	20·2	20·0
7	23·7	23·5	23·4
8	27·0	26·9	26·7
9	30·4	30·2	30·1

Tafel für $\log M = \log \frac{75\,k\,t}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	44° log M	Diff. 1″	45° log M	Diff. 1″	46° log M	Diff. 1″	47° log M	Diff. 1″
0′ 0″	1·504481	3·35	1·516439	3·30	1·528244	3·25	1·539905	3·22
1 40	4816	3·34	6769	3·30	8569	3·26	1·540227	3·22
3 20	5150	3·34	7099	3·29	8895	3·26	0549	3·22
5 0	5484	3·34	7428	3·30	9221	3·25	0871	3·21
6 40	5818	3·34	7758	3·30	9546	3·26	1192	3·22
8 20	6152	3·33	8088	3·29	1·529872	3·25	1514	3·21
10 0	1·506485	3·34	1·518417	3·29	1·530197	3·25	1·541835	3·22
11 40	6819	3·33	8746	3·29	0522	3·25	2157	3·21
13 20	7152	3·34	9075	3·29	0847	3·25	2478	3·21
15 0	7486	3·33	9404	3·29	1172	3·25	2799	3·21
16 40	7819	3·33	1·519733	3·29	1497	3·24	3120	3·21
18 20	8152	3·33	1·520062	3·28	1821	3·25	3441	3·21
20 0	1·508485	3·33	1·520390	3·29	1·532146	3·25	1·543762	3·21
21 40	8818	3·32	0719	3·28	2471	3·24	4083	3·20
23 20	9150	3·33	1047	3·29	2795	3·24	4403	3·21
25 0	9483	3·32	1376	3·28	3119	3·24	4724	3·20
26 40	1·509816	3·32	1704	3·28	3443	3·25	5044	3·21
28 20	1·510148	3·32	2032	3·28	3768	3·23	5365	3·20
30 0	1·510480	3·32	1·522360	3·28	1·534091	3·24	1·545685	3·20
31 40	0812	3·32	2688	3·27	4415	3·24	6005	3·20
33 20	1144	3·32	3015	3·28	4739	3·24	6325	3·20
35 0	1476	3·32	3343	3·27	5063	3·23	6645	3·20
36 40	1808	3·31	3670	3·28	5386	3·24	6965	3·20
38 20	2139	3·32	3998	3·27	5710	3·23	7285	3·19
40 0	1·512471	3·31	1·524325	3·27	1·536033	3·23	1·547604	3·20
41 40	2802	3·31	4652	3·27	6356	3·23	7924	3·19
43 20	3133	3·31	4979	3·27	6679	3·23	8243	3·20
45 0	3464	3·31	5306	3·27	7002	3·23	8563	3·19
46 40	3795	3·31	5633	3·27	7325	3·23	8882	3·19
48 20	4126	3·31	5960	3·26	7648	3·23	9201	3·19
50 0	1·514457	3·31	1·526286	3·27	1·537971	3·22	1·549520	3·19
51 40	4788	3·30	6613	3·26	8293	3·23	1·549839	3·19
53 20	5118	3·31	6939	3·26	8616	3·22	1·550158	3·19
55 0	5449	3·30	7265	3·27	8938	3·23	0477	3·19
56 40	5779	3·30	7592	3·26	9261	3·22	0796	3·18
58 20	6109	3·30	7918	3·26	9583	3·22	1114	3·19
60 0	1·516439		1·528244		1·539905		1·551433	

Proportionaltheile.

	336	334	332
1	3·4	3·3	3·3
2	6·7	6·7	6·6
3	10·1	10·0	10·0
4	13·4	13·4	13·3
5	16·8	16·7	16·6
6	20·2	20·0	19·9
7	23·5	23·4	23·2
8	26·9	26·7	26·6
9	30·2	30·1	29·9

	330	328	326
1	3·3	3·3	3·3
2	6·6	6·6	6·5
3	9·9	9·8	9·8
4	13·2	13·1	13·0
5	16·5	16·4	16·3
6	19·8	19·7	19·6
7	23·1	23·0	22·8
8	26·4	26·2	26·1
9	29·7	29·5	29·3

	324	323	322
1	3·2	3·2	3·2
2	6·5	6·5	6·4
3	9·7	9·7	9·7
4	13·0	12·9	12·9
5	16·2	16·2	16·1
6	19·4	19·4	19·3
7	22·7	22·6	22·5
8	25·9	25·8	25·8
9	29·2	29·1	29·0

	321	320	319
1	3·2	3·2	3·2
2	6·4	6·4	6·4
3	9·6	9·6	9·6
4	12·8	12·8	12·8
5	16·1	16·0	16·0
6	19·3	19·2	19·1
7	22·5	22·4	22·3
8	25·7	25·6	25·5
9	28·9	28·8	28.7

Tafel für $\log M = \log \frac{75\,kt}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	48° log M	Diff 1"	49° log M	Diff. 1"	50° log M	Diff. 1"	51° log M	Diff. 1"
0' 0"	1·551433	3·18	1·562836	3·15	1·574123	3·12	1·585303	3·09
1 40	1751	3·18	3151	3·15	4435	3·12	5612	3·09
3 20	2069	3·19	3466	3·15	4747	3·12	5921	3·09
5 0	2388	3·18	3781	3·15	5059	3·12	6230	3·09
6 40	2706	3·18	4096	3·14	5371	3·11	6539	3·09
8 20	3024	3·18	4410	3·15	5682	3·12	6848	3·09
10 0	1·553342	3·17	1·564725	3·15	1·575994	3·11	1·587157	3·08
11 40	3659	3·18	5040	3·14	6305	3·12	7465	3·09
13 20	3977	3·18	5354	3·14	6617	3·11	7774	3·08
15 0	4295	3·17	5668	3·15	6928	3·11	8082	3·09
16 40	4612	3·18	5983	3·14	7239	3·12	8391	3·08
18 20	4930	3·17	6297	3·14	7551	3·11	8699	3·08
20 0	1·555247	3·17	1·566611	3·14	1·577862	3·11	1·589007	3·08
21 40	5564	3·18	6925	3·14	8173	3·10	9315	3·08
23 20	5882	3·17	7239	3·14	8483	3·11	9623	3·08
25 0	6199	3·17	7553	3·13	8794	3·11	1·589931	3·08
26 40	6516	3·17	7866	3·14	9105	3·11	1·590239	3·08
28 20	6833	3·16	8180	3·14	9416	3·10	0547	3·08
30 0	1·557149	3·17	1·568494	3·13	1·579726	3·11	1·590855	3·08
31 40	7466	3·17	8807	3·14	1·580037	3·10	1163	3·07
33 20	7783	3·16	9121	3·13	0347	3·11	1470	3·08
35 0	8099	3·17	9434	3·13	0658	3·10	1778	3·08
26 40	8416	3·16	1·569747	3·13	0968	3·10	2086	3·07
38 20	8732	3·16	1·570060	3·13	1278	3·10	2393	3·07
40 0	1·559048	3·16	1·570373	3·13	1·581588	3·10	1·592700	3·08
41 40	9364	3·16	0686	3·13	1898	3·10	3008	3·07
43 20	9680	3·16	0999	3·13	2208	3·10	3315	3·07
45 0	1·559996	3·16	1312	3·13	2518	3·10	3622	3·07
46 40	1·560312	3·16	1625	3·12	2828	3·09	3929	3·07
48 20	0628	3·16	1937	3·13	3137	3·10	4236	3·07
50 0	1·560944	3·15	1·572250	3·12	1·583447	3·10	1·594543	3·07
51 40	1259	3·16	2562	3·13	3757	3·09	4850	3·07
53 20	1575	3·15	2875	3·12	4066	3·09	5157	3·06
55 0	1890	3·16	3187	3·12	4375	3·10	5463	3·07
56 40	2206	3·15	3499	3·12	4685	3·09	5770	3·07
58 20	2521	3·15	3811	3·12	4994	3·09	6077	3·06
60 0	1·562836		1·574123		1·585303		1·596383	

Proportionaltheile.

	318	317	316
1	3·2	3·2	3·2
2	6·4	6·3	6·3
3	9·5	9·5	9·5
4	12·7	12·7	12·6
5	15·9	15·9	15·8
6	19·1	19·0	19·0
7	22·3	22·2	22·1
8	25·4	25·4	25·3
9	28·6	28·5	28·4

	315	314	313
1	3·2	3·1	3·1
2	6·3	6·3	6·3
3	9·5	9·4	9·4
4	12·6	12·6	12·5
5	15·8	15·7	15·7
6	18·9	18·8	18·8
7	22·1	22·0	21·9
8	25·2	25·1	25·0
9	28·4	28·3	28·2

	312	311	310
1	3·1	3·1	3·1
2	6·2	6·2	6·2
3	9·4	9·3	9·3
4	12·5	12.4	12·4
5	15·6	15·6	15·5
6	18·7	18·7	18·6
7	21·8	21·8	21·7
8	25·0	24·9	24·8
9	28·1	28·0	27·9

	309	308	307
1	3·1	3·1	3·1
2	6·2	6·2	6·1
3	9·3	9·2	9·2
4	12·4	12·3	12·3
5	15·5	15·4	15·4
6	18·5	18·5	18·4
7	21·6	21·6	21·5
8	24·7	24·6	24·6
9	27·8	27·7	27·6

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	52° log M	Diff. 1″	53° log M	Diff. 1″	54° log M	Diff. 1″	55° log M	Diff. 1″
0′ 0″	1·596383	3·06	1·607370	3·04	1·618272	3·02	1·629096	3·00
1 40	6689	3·07	7674	3·04	8574	3·02	9396	2·99
3 20	6996	3·06	7978	3·04	8876	3·01	9695	3·00
5 0	7302	3·06	8282	3·04	9177	3·02	1·629995	2·99
6 40	7608	3·06	8586	3·03	9479	3·01	1·630294	2·99
8 20	7914	3·06	8889	3·04	1·619780	3·02	0593	3·00
10 0	1·598220	3·06	1·609193	3·04	1·620082	3·01	1·630893	2·99
11 40	8526	3·06	9497	3·03	0383	3·01	1192	2·99
13 20	8832	3·06	1·609800	3·04	0684	3·01	1491	2·99
15 0	9138	3·06	1·610104	3·03	0985	3·02	1790	2·99
16 40	9444	3·06	0407	3·03	1287	3·01	2089	3·00
18 20	1·599750	3·05	0710	3·04	1588	3·01	2389	2·99
20 0	1·600055	3·06	1·611014	3·03	1·621889	3·01	1·632688	2·98
21 40	0361	3·05	1317	3·03	2190	3·01	2986	2·99
23 20	0666	3·06	1620	3·03	2491	3·00	3285	2·99
25 0	0972	3·05	1923	3·03	2791	3·01	3584	2·99
26 40	1277	3·06	2226	3·03	3092	3·01	3883	2·99
28 20	1583	3·05	2529	3·03	3393	3·01	4182	2·98
30 0	1·601888	3·05	1·612832	3·02	1·623694	3·00	1·634480	2·99
31 40	2193	3·05	3134	3·03	3994	3·01	4779	2·99
33 20	2498	3·05	3437	3·03	4295	3·00	5078	2·98
35 0	2803	3·05	3740	3·02	4595	3·01	5376	2·99
36 40	3108	3·05	4042	3·03	4896	3·00	5675	2·98
38 20	3413	3·05	4345	3·02	5196	3·00	5973	2·98
40 0	1·603718	3·04	1·614647	3·03	1·625496	3·01	1·636271	2·99
41 40	4022	3·05	4950	3·02	5797	3·00	6570	2·98
43 20	4327	3·05	5252	3·03	6097	3·00	6868	2·98
45 0	4632	3·04	5555	3·02	6397	3·00	7166	2·98
46 40	4936	3·05	5857	3·02	6697	3·00	7464	2·98
48 20	5241	3·04	6159	3·02	6997	3·00	7762	2·98
50 0	1·605545	3·05	1·616461	3·02	1·627297	3·00	1·638060	2·98
51 40	5850	3·04	6763	3·02	7597	3·00	8358	2·98
53 20	6154	3·04	7065	3·02	7897	3·00	8656	2·98
55 0	6458	3·04	7367	3·02	8197	3·00	8954	2·98
56 40	6762	3·04	7669	3·02	8497	2·99	9252	2·98
58 20	7066	3·04	7971	3·01	8796	3·00	9550	2·98
60 0	1·607370		1·618272		1·629096		1·639848	

Proportionaltheile

	306	305	304	303	302	301	300	299	298
1	3·1	3·1	3·0	3·0	3·0	3·0	3·0	3·0	3·0
2	6·1	6·1	6·1	6·1	6·0	6·0	6·0	6·0	6·0
3	9·2	9·2	9·1	9·1	9·1	9·0	9·0	9·0	8·9
4	12·2	12·2	12·2	12·1	12·1	12·0	12·0	12·0	11·9
5	15·3	15·3	15·2	15·2	15·1	15·1	15·0	15·0	14·9
6	18·4	18·3	18·2	18·2	18·1	18·1	18·0	17·9	17·9
7	21·4	21·4	21·3	21·2	21·1	21·1	21·0	20·9	20·9
8	24·5	24·4	24·3	24·2	24·2	24·1	24·0	23·9	23·8
9	27·5	27·5	27·4	27·3	27·2	27·1	27·0	26·9	26·8

Tafel für $log\, M = log \frac{75\, k\, t}{\sqrt{2\, q^3}}$

v	56° log M	Diff. 1″	57° log M	Diff. 1″	58° log M	Diff. 1″	59° log M	Diff. 1″
0′ 0″	1·639848	2·97	1·650534	2·96	1·661160	2·95	1·671733	2·93
1 40	1·640145	2·98	0830	2·95	1455	2·94	2026	2·93
3 20	0443	2·98	1125	2·96	1749	2·94	2319	2·93
5 0	0741	2·97	1421	2·96	2043	2·95	2612	2·93
6 40	1038	2·98	1717	2·96	2338	2·94	2905	2·93
8 20	1336	2·97	2013	2·96	2632	2·94	3198	2·92
10 0	1·641633	2·97	1·652309	2·95	1·662926	2·94	1·673490	2·93
11 40	1930	2·98	2604	2·96	3220	2·94	3783	2·93
13 20	2228	2·97	2900	2·96	3514	2·94	4076	2·93
15 0	2525	2·97	3196	2·95	3808	2·94	4369	2·92
16 40	2822	2·97	3491	2·96	4102	2·94	4661	2·93
18 20	3119	2·98	3787	2·95	4396	2·94	4954	2·93
20 0	1·643417	2·97	1·654082	2·96	1·664690	2·94	1·675247	2·92
21 40	3714	2,97	4378	2·95	4984	2·94	5539	2·93
23 20	4011	2·97	4673	2·95	5278	2·94	5832	2·92
25 0	4308	2·97	4968	2·96	5572	2·94	6124	2·93
26 40	4605	2·97	5264	2·95	5866	2·94	6417	2·92
28 20	4902	2·96	5559	2·95	6160	2·93	6709	2·92
30 0	1·645198	2·97	1·655854	2·95	1·666453	2·94	1·677001	2·93
31 40	5495	2·97	6149	2·95	6747	2·93	7294	2·92
33 20	5792	2·97	6444	2·95	7040	2·94	7586	2·92
35 0	6089	2·96	6739	2·95	7334	2·93	7878	2·92
36 40	6385	2·97	7034	2·95	7627	2·94	8170	2·93
38 20	6682	2·97	7329	2·95	7921	2·93	8463	2·92
40 0	1·646979	2·96	1·657624	2·95	1·668214	2·94	1·678755	2·92
41 40	7275	2·97	7919	2·95	8508	2·93	9047	2·93
43 20	7572	2·96	8214	2·95	8801	2·94	9340	2·91
45 0	7868	2·96	8509	2·95	9095	2·93	9631	2·92
46 40	8164	2·97	8804	2·94	9388	2·93	1·679923	2·92
48 20	8461	2·96	9098	2·95	9681	2·93	1·680215	2·92
50 0	1·648757	2·96	1·659393	2·95	1·669974	2·94	1·680507	2·92
51 40	9053	2·96	9688	2·94	1·670268	2·93	0799	2·92
53 20	9349	2·96	1·659982	2·95	0561	2·93	1091	2·92
55 0	9645	2·97	1·660277	2·94	0854	2·93	1383	2·92
56 40	1·649942	2·96	0571	2·95	1147	2·93	1675	2·91
58 20	1·650238	2·96	0866	2·94	1440	2·93	1966	2·92
60 0	1·650534		1·661160		1·671733		1·682258	

Proportional-theile

	298	297		296	295		294	293		292	291
1	3·0	3·0	1	3·0	3·0	1	2·9	2·9	1	2·9	2·9
2	6·0	5·9	2	5·9	5·9	2	5·9	5·9	2	5·8	5·8
3	8·9	8·9	3	8·9	8·9	3	8·8	8·8	3	8·8	8·7
4	11·9	11·9	4	11·8	11·8	4	11·8	11·7	4	11·7	11·6
5	14·9	14·9	5	14·8	14·8	5	14·7	14·7	5	14·6	14·6
6	17·9	17·8	6	17·8	17·7	6	17·6	17·6	6	17·5	17·5
7	20·9	20·8	7	20·7	20·7	7	20·6	20·5	7	20·4	20·4
8	23·8	23·8	8	23·7	23·6	8	23·5	23·4	8	23·4	23·3
9	26·8	26·7	9	26·6	26·6	9	26·5	26·4	9	26·3	26·2

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ k\ t}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	60° log M	Diff. 1"	61° log M	Diff. 1"	62° log M	Diff. 1"	63° log M	Diff. 1"
0' 0"	1·682258	2·92	1·692741	2·91	1·703187	2·89	1·713601	2,89
1 40	2550	2·92	3032	2·90	3476	2·90	3890	2·88
3 20	2842	2·91	3322	2·91	3766	2·90	4178	2·89
5 0	3133	2·92	3613	2·90	4056	2·89	4467	2·89
6 40	3425	2·92	3903	2·91	4345	2·90	4756	2·89
8 20	3717	2·91	4194	2·90	4635	2·89	5045	3·89
10 0	1·684008	2·92	1·694484	2·91	1·704924	2·90	1·715334	2,88
11 40	4300	2·91	4775	2·90	5214	2·89	5622	2·89
13 20	4591	2·92	5065	2·91	5503	2·90	5911	2·89
15 0	4883	2·91	5356	2·90	5793	2·89	6200	2·89
16 40	5174	2·91	5646	2·90	6082	2·90	6489	2·88
18 20	5465	2·92	5936	2·91	6372	2·89	6777	2·89
20 0	1·685757	2·91	1·696227	2·90	1·706661	2·90	1·717066	2·89
21 40	6048	2·92	6517	2·90	6951	2·89	7355	2·88
23 20	6340	2·91	6807	2·90	7240	2·89	7643	2·89
25 0	6631	2·91	7097	2·91	7529	2·90	7932	2·88
26 40	6922	2·91	7388	2·90	7819	2·89	8220	2·89
28 20	7213	2·91	7678	2·90	8108	2·89	8509	2·88
30 0	1·687504	2·92	1·697968	2·90	1·708397	2·90	1·718797	2·89
31 40	7796	2·91	8258	2 90	8687	2·89	9086	2·88
33 20	8087	2·91	8548	2·90	8976	2·89	9374	2·89
35 0	8378	2·91	8838	2·90	9265	2·89	9663	2·88
36 40	8669	2·91	9128	2·90	9554	2·89	1 719951	2·89
38 20	8960	2·91	9418	2·91	1·709843	2·90	1·720240	2·88
40 0	1·689251	2·91	1·699709	2·89	1·710133	2·89	1·720528	2·89
41 40	9542	2·91	9998	2·90	0422	2·89	0817	2·88
43 20	1·689833	2·91	1·700288	2·90	0711	2·89	1105	2·88
45 0	1·690124	2·91	0578	2·90	1000	2·89	1393	2·89
46 40	0415	2·91	0868	2·90	1289	2·89	1682	2·88
48 20	0706	2·90	1158	2·90	1578	2·89	1970	2·89
50 0	1·690996	2·91	1·701448	2·90	1·711867	2·89	1·722259	2·88
51 40	1287	2·91	1738	2·90	2156	2·89	2547	2·88
53 20	1578	2·91	2028	2·89	2445	2·89	2835	2·88
55 0	1869	2·91	2317	2·90	2734	2·89	3123	2·89
56 40	2160	2·90	2607	2·90	3023	2·89	3412	2·88
58 20	2450	2·91	2897	2·90	3312	2·89	3700	2·88
60 0	1·692741		1·703187		1·713601		1·723988	

Proportionaltheile

	292	291
1	2·9	2·9
2	5·8	5·8
3	8·8	8·7
4	11·7	11·6
5	14·6	14·6
6	17·5	17·5
7	20·4	20·4
8	23·4	23·3
9	26·3	26·2

	290	289
1	2·9	2·9
2	5·8	5·8
3	8·7	8·7
4	11·6	11·6
5	14·5	14·5
6	17·4	17·3
7	20·3	20·2
8	23·2	23·1
9	26·1	26·0

	288
1	2·9
2	5·8
3	8·6
4	11·5
5	14·4
6	17·3
7	20·2
8	23·0
9	25·9

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ k\,t}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	64° log M	Diff. 1″	65° log M	Diff. 1″	66° log M	Diff. 1″	67° log M	Diff. 1″
0′ 0″	1·723988	2·88	1·731354	2·88	1·744703	2·87	1·755041	2·87
1 40	4276	2·89	4642	2·87	4990	2·88	5328	2·87
3 20	4565	2·88	4929	2·88	5278	2·87	5615	2·87
5 0	4853	2·88	5217	2·88	5565	2·87	5902	2·87
6 40	5141	2·88	5505	2·87	5852	2·88	6189	2·87
8 20	5429	3·88	5792	2·88	6140	2·87	6476	2·87
10 0	1·725717	2·88	1·736080	2·87	1·746427	2·87	1·756763	2·87
11 40	6005	2·88	6367	2·88	6714	2·87	7050	2·87
13 20	6293	2·88	6655	2·88	7001	2·87	7337	2·87
15 0	6581	3·88	6943	2·87	7288	2·88	7624	2·87
16 40	6869	2·89	7230	2·88	7576	2·87	7911	2·87
18 20	7158	2·88	7518	2·87	7863	2·87	8198	2·86
20 0	1·727446	2·88	1·737805	2·88	1·748150	2·87	1·758484	2·87
21 40	7734	2·88	8093	2·87	8437	2·87	8771	2·87
23 20	8022	2·88	8380	2·88	8724	2·88	9058	2·87
25 0	8310	2·88	8668	2·87	9012	2·87	9345	2·87
26 40	8598	2·88	8955	2·88	9299	2·87	9632	2·87
28 20	8886	2·87	9243	2·87	9586	2·87	1·759919	2·87
30 0	1·729173	2·88	1·739530	2·88	1·749873	2·87	1·760206	2·87
31 40	9461	2·88	1·739818	2·87	1·750160	2·87	0493	2·87
33 20	1·729749	2·88	1·740105	2·88	0447	2·87	0780	2·87
35 0	1·730037	2·88	0393	2·87	0734	2·88	1067	2·87
36 40	0325	2·88	0680	2·88	1022	2·87	1354	2·87
38 20	0613	2·88	0968	2·87	1309	2·87	1641	2·87
40 0	1·730901	2·88	1·741255	2.87	1·751596	2·87	1·761928	2·87
41 40	1189	2·87	1542	2·88	1883	2·87	2215	2·87
43 20	1476	2·88	1830	2·87	2170	2·87	2502	2·87
45 0	1764	2·88	2117	2·88	2457	2·87	2789	2·87
46 40	2052	2·88	2405	2·87	2744	2·87	3076	2·86
48 20	2340	2·88	2692	2·87	3031	2·87	3362	2·87
50 0	1·732628	2·87	1·742979	2·88	1·753318	2·87	1·763649	2·87
51 40	2915	2·88	3267	2·87	3605	2·87	3936	2·87
53 20	3203	2·88	3554	2·87	3892	2·87	4223	2·87
55 0	3491	2·88	3841	2·88	4179	2·87	4510	2·87
56 40	3779	2·87	4129	2·87	4466	2·87	4797	2·87
58 20	4066	2·88	4416	2·87	4753	2·88	5084	2·87
60 0	1·734354		1·744703		1·755041		1·765371	

Proportionaltheile

	289	288	287	286
1	2·9	2·9	2·9	2·9
2	5·8	5·8	5·7	5·7
3	8·7	8·6	8·6	8·6
4	11·6	11·5	11·5	11·4
5	14·5	14·4	14·4	14·3
6	17·3	17·3	17·2	17·2
7	20·2	20·2	20·1	20·0
8	23·1	23·0	23·0	22·9
9	26·0	25·9	25·8	25·7

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ k\ t}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	68° *log M*	Diff. 1″	69° *log M*	Diff. 1″	70° *log M*	Diff. 1″	71° *log M*	Diff. 1″	Proportional-theile	
0′ 0″	1·765371	2·87	1·775699	2·86	1·786028	2·87	1·796365	2·87		
1 40	5658	2·87	5985	2·87	6315	2·87	6652	2·88		
3 20	5945	2·86	6272	2·87	6602	2·87	6940	2·87		
5 0	6231	2·87	6559	2·87	6889	2·88	7227	2·87		
6 40	6518	2·87	6846	2·87	7177	2·87	7514	2·87		
8 20	6805		7133		7464		7801			286
		2·87		2·87		2·87		2·88	1	2·9
10 0	1·767092	2·87	1·777420	2·87	1·787751	2·87	1·798089	2·87	2	5·7
11 40	7379	2·87	7707	2·87	8038	2·87	8376	2·87	3	8·6
13 20	7666	2·87	7994	2·87	8325	2·87	8663	2·88	4	11·4
15 0	7953	2·87	8281	2·87	8612	2·87	8951	2·87	5	14·3
16 40	8240	2·86	8568	2·86	8899	2·87	9238	2·88	6	17·2
18 20	8526		8854		9186		9526		7	20·0
		2·87		2·87		2·87		2·87	8	22·9
20 0	1·768813	2·87	1·779141	2·87	1·789473	2·87	1·799813	2·87	9	25·7
21 40	9100	2·87	9428	2·87	1·789760	2·87	1·800100	2·88		
23 20	9387	2·87	1·779715	2·87	1·790047	2·87	0388	2·87		287
25 0	9674	2·87	1·780002	2·87	0334	2·87	0675	2·87	1	2·9
26 40	1·769961	2·87	0289	2·87	0621	2·88	0962	2·88	2	5·7
28 20	1·770248		0576		0909		1250		3	8·6
		2·87		2·87		2·87		2·87	4	11·5
30 0	1·770535	2·87	1·780863	2·87	1·791196	2·87	1·801537	2·88	5	14·4
31 40	0822	2·86	1150	2·87	1483	2·87	1825	2·87	6	17·2
33 20	1108	2·87	1437	2·87	1770	2·87	2112	2·88	7	20·1
35 0	1395	2·87	1724	2·87	2057	2·87	2400	2·87	8	23·0
36 40	1682	2·87	2011	2·87	2344	2·87	2687	2·88	9	25·8
38 20	1969		2298		2631		2975			
		2·87		2·87		2·87		2·87		288
40 0	1·772256	2·87	1·782585	2·87	1·792918	2·88	1·803262	2·88	1	2·9
41 40	2543	2·87	2872	2·87	3206	2·87	3550	2·87	2	5·8
43 20	2830	2·87	3159	2·86	3493	2·87	3837	2·88	3	8·6
45 0	3117	2·86	3445	2·87	3780	2·87	4125	2·87	4	11·5
46 40	3403	2·87	3732	2·87	4067	2·87	4412	2·88	5	14·4
48 20	3690		4019		4354		4700		6	17·3
		2·87		2·87		2·88		2·87	7	20·2
50 0	1·773977	2·87	1·784306	2·87	1·794642	2·87	1·804987	2·88	8	23·0
51 40	4264	2·87	4593	2·87	4929	2·87	5275	2·87	9	25·9
53 20	4551	2·87	4880	2·87	5216	2·87	5562	2·88		
55 0	4838	2·87	5167	2·87	5503	2·88	5850	2·88		
56 40	5125	2·87	5454	2·87	5791	2·87	6138	2·87		
58 20	5412		5741		6078		6425			
		2·87		2·87		2·87		2·88		
60 0	1·775699		1·786028		1·796365		2·806713			

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	72° log M	Diff. 1"	73° log M	Diff. 1"	74° log M	Diff. 1"	75° log M	Diff. 1"
0′ 0″	1·806713		1·817077		1·827460		1·837869	
		2·88		2·88		2·89		2·89
1 40	7001		7365		7749		8158	
		2·87		2·88		2·89		2·90
3 20	7288		7653		8038		8448	
		2·88		2·88		2·89		2·89
5 0	7576		7941		8327		8737	
		2·88		2·88		2·88		2·90
6 40	7864		8229		8615		9027	
		2·87		2·88		2·89		2·89
8 20	8151		8517		8904		9316	
		2·88		2·89		2·89		2·90
10 0	1·808439		1·818806		1·829193		1·839606	
		2·88		2·88		2·89		2·90
11 40	8727		9094		9482		1·839896	
		2·87		2·88		2·89		2·89
13 20	9014		9382		1·829771		1·840185	
		2·88		2·88		2·89		2·90
15 0	9302		9670		1·830060		0475	
		2·88		2·89		2·89		2·90
16 40	9590		1·819959		0349		0765	
		2·88		2·88		2·89		2·90
18 20	1·809878		1·820247		0638		1055	
		2·88		2·88		2·89		2·89
20 0	1·810166		1·820535		1·830927		1·841344	
		2·87		2·89		2·89		2·90
21 40	0453		0824		1216		1634	
		2·88		2·88		2·88		2·90
23 20	0741		1112		1504		1924	
		2·88		2·88		2·90		2·90
25 0	1029		1400		1794		2214	
		2·88		2·89		2·89		2·90
26 40	1317		1689		2083		2504	
		2·88		2·88		2·89		2·90
28 20	1605		1977		2372		2794	
		2·87		2·89		2·89		2·89
30 0	1·811892		1·822266		1·832661		1·843083	
		2·88		2·88		2·89		2·90
31 40	2180		2554		2950		3373	
		2·88		2·89		2·89		2·90
33 20	2468		2843		3239		3663	
		2·88		2·88		2·89		2·90
35 0	2756		3131		3528		3953	
		2·88		2·88		2·90		2·90
36 40	3044		3419		3818		4243	
		2·88		2·89		2·89		2·90
38 20	3332		3708		4107		4533	
		2·88		2·89		2·89		2·90
40 0	1·813620		1·823997		1·834396		1·844823	
		2·88		2·88		2·89		2·91
41 40	3908		4285		4685		5114	
		2·88		2·89		2·90		2·90
43 20	4196		4574		4975		5404	
		2·88		2·88		2·89		2·90
45 0	4484		4862		5264		5694	
		2·88		2·89		2·89		2·90
46 40	4772		5151		5553		5984	
		2·88		2·88		2·90		2·90
48 20	5060		5439		5843		6274	
		2·88		2·89		2·89		2·90
50 0	1·815348		1·825728		1·836132		1·846564	
		2·88		2·89		2·89		2·91
51 40	5636		6017		6421		6855	
		2·88		2·88		2·90		2·90
53 20	5924		6305		6711		7145	
		2·88		2·89		2·89		2·90
55 0	6212		6594		7000		7435	
		2·88		2·89		2·90		2·90
56 40	6500		6883		7290		7725	
		2·88		2·89		2·89		2·91
58 20	6788		7172		7579		8016	
		2·89		2·88		2·90		2·90
60 0	1·817077		1·827460		1·837869		1·848306	

Proportionaltheile

	287	288	289	290
1	2·9	2·9	2·9	2·9
2	5·7	5·8	5·8	5·8
3	8·6	8·6	8·7	8·7
4	11·5	11·5	11·6	11·6
5	14·4	14·4	14·5	14·5
6	17·2	17·3	17·3	17·4
7	20·1	20·2	20·2	20·3
8	23·0	23·0	23·1	23·2
9	25·8	25·9	26·0	26·1

Tafel für $log\ M = log \frac{75\ kt}{\sqrt{2 q^3}}$

v	76° log M	Diff. 1"	77° log M	Diff. 1"	78° log M	Diff. 1"	79° log M	Diff. 1"
0′ 0″	1·848306	2·90	1·858777	2·91	1·869286	2·92	1·879837	2·94
1 40	8596	2·91	9068	2·92	9578	2·93	1·880131	2·93
3 20	8887	2·90	9360	2·91	1·869871	2·92	0424	2·94
5 0	9177	2·91	9651	2·92	1·870163	2·93	0718	2·94
6 40	9468	2·90	1·859943	2·91	0456	2·93	1012	2·94
8 20	1·849758		1·860234		0749		1306	
		2·91		2·92		2·92		2·94
10 0	1·850049	2·91	1·860526	2·91	1·871041	2·93	1·881600	2·94
11 40	0340	2·90	0817	2·92	1334	2·93	1894	2·94
13 20	0630	2·90	1109	2·91	1627	2·92	2188	2·94
15 0	0920	2·91	1400	2·92	1919	2·93	2482	2·94
16 40	1211	2·91	1692	2·92	2212	2·93	2776	2·94
18 20	1502		1984		2505		3070	
		2·90		2·91		2·93		2·94
20 0	1·851792	2·91	1·862275	2·92	1·872798	2·93	1·883364	2·94
21 40	2083	2·91	2567	2·92	3091	2·93	3658	2·95
23 20	2374	2·91	2859	2·92	3381	2·93	3953	2·94
25 0	2665	2·90	3151	2·92	3677	2·93	4247	2·94
26 40	2955	2·91	3443	2·91	3970	2·93	4541	2·94
28 20	3246		3734		4263		4835	
		2·91		2·92		2·93		2·95
30 0	1·853537	2·91	1·864026	2·92	1·874556	2·93	1·885130	2·94
31 40	3828	2·91	4318	2·92	4849	2·93	5424	2·95
33 20	4119	2·91	4610	2·92	5142	2·93	5719	2·94
35 0	4410	2·91	4902	2·92	5435	2·93	6013	2·95
36 40	4701	2·91	5194	2·92	5728	2·94	6308	2·94
38 20	4992		5486		6022		6602	
		2·91		2·92		2·93		2·95
40 0	1·855283	2·91	1·865778	2·92	1·876315	2·93	1·886897	2·94
41 40	5574	2·91	6070	2·93	6608	2·94	7191	2·95
43 20	5865	2·91	6363	2·92	6902	2·93	7486	2·95
45 0	6156	2·91	6655	2·92	7195	2·93	7781	2·95
46 40	6447	2·91	6947	2·92	7488	2·94	8076	2·94
48 20	6738		7239		7782		8370	
		2·91		2·92		2·93		2·95
50 0	1·857029	2·92	1·867531	2·93	1·878075	2·94	1·888665	2·95
51 40	7321	2·91	7824	2·92	8369	2·93	8960	2·95
53 20	7612	2·91	8116	2·92	8662	2·94	9255	2·95
55 0	7903	2·91	8408	2·93	8956	2·94	9550	2·95
56 40	8194	2·92	8701	2·92	9250	2·93	1·889845	2·95
58 20	8486		8993		9543		1·890140	
		2·91		2·93		2·94		2·95
60 0	1·858777		1·869286		1·879837		1·890435	

Proportionaltheile

	290	291
1	2·9	2·9
2	5·8	5·8
3	8·7	8·7
4	11·6	11·6
5	14·5	14·6
6	17·4	17·5
7	20·3	20·4
8	23·2	23·3
9	26·1	26·2

	292	293
1	2·9	2·9
2	5·8	5·9
3	8·8	8·8
4	11·7	11·7
5	14·6	14·7
6	17·5	17·6
7	20·4	20·5
8	23·4	23·4
9	26·3	26·4

	294	295
1	2·9	3·0
2	5·9	5·9
3	8·8	8·9
4	11·8	11·8
5	14·7	14·8
6	17·6	17·7
7	20·6	20·7
8	23·5	23·6
9	26·5	26·6

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	80° log M	Diff. 1″	81° log M	Diff. 1″	82° log M	Diff. 1″	83° log M	Diff. 1″
0′ 0″	1·890435	2·95	1·901084	2·97	1·911789	2·99	1·922555	3·00
1 40	0730	2·95	1381	2·96	2088	2·98	2855	3·00
3 20	1025	2·95	1677	2·97	2386	2·98	3155	3·00
5 0	1320	2·96	1974	2·97	2684	2·98	3455	3·00
6 40	1616	2·95	2271	2·97	2982	2·99	3755	3·00
8 20	1911		2568		3281		4055	
		2·95		2·96		2·98		3·00
10 0	1·892206	2·95	1·902864	2·97	1·913579	2·99	1·924355	3·01
11 40	2501	2·96	3161	2·97	3878	2·98	4656	3·00
13 20	2797	2·95	3458	2·97	4176	2·99	4956	3·00
15 0	3092	2·96	3755	2·97	4475	2·98	5256	3·01
16 40	3388	2·95	4052	2·97	4773	2·99	5557	3·00
18 20	3683		4349		5072		5857	
		2·96		2·97		2·99		3·01
20 0	1·893979	2·95	1·904646	2·97	1·915371	2·99	1·926158	3·00
21 40	4274	2·96	4943	2·97	5670	2·98	6458	3·01
23 20	4570	2·96	5240	2·98	5968	2·99	6759	3·00
25 0	4866	2·95	5538	2·97	6267	2·99	7059	3·01
26 40	5161	2·96	5835	2·97	6566	2·99	7360	3·01
28 20	5457		6132		6865		7661	
		2·96		2·97		2·99		3·01
30 0	1·895753	2·96	1·906429	2·98	1·917164	2·99	1·927962	3·01
31 40	6049	2·96	6727	2·97	7463	2·99	8263	3·00
33 20	6345	2·95	7024	2·98	7762	3·00	8563	3·01
35 0	6640	2·96	7322	2·97	8062	2·99	8864	3·01
36 40	6936	2·96	7619	2·98	8361	2·99	9165	3·02
38 20	7232		7917		8660		9467	
		2·96		2·97		2·99		3·01
40 0	1·897528	2·97	1·908214	2·98	1·918959	3·00	1·929768	3·01
41 40	7825	2·96	8512	2·98	9259	2·99	1·930069	3·01
43 20	8121	2·96	8810	2·98	9558	3·00	0370	3·01
45 0	8417	2·96	9108	2·97	1·919858	2·99	0671	3·02
46 40	8713	2·96	9405	2·98	1·920157	3·00	0973	3·01
48 20	9009		1·909703		0457		1274	
		2·97		2·98		2·99		3·02
50 0	1·899306	2·96	1·910001	2·98	1·920756	3·00	1·931576	3·01
51 40	9602	2·96	0299	2·98	1056	3·00	1877	3·02
53 20	1·899898	2·97	0597	2·98	1356	2·99	2179	3·01
55 0	1·900195	2·96	0895	2·98	1655	3·00	2480	3·02
56 40	0491	2·97	1193	2·98	1955	3·00	2782	3·02
58 20	0788		1491		2255		3084	
		2·96		2·98		3·00		3·01
60 0	1·901084		1·911789		1·922555		1·933385	

Proportionaltheile

	295	296
1	3·0	3·0
2	5·9	5·9
3	8·9	8·9
4	11·8	11·8
5	14·8	14·8
6	17·7	17·8
7	20·7	20·7
8	23·6	23·7
9	26·6	26·6

	297	298
1	3·0	3·0
2	5·9	6·0
3	8·9	8·9
4	11·9	11·9
5	14·9	14·9
6	17·8	17·9
7	20·8	20·9
8	23·8	23·8
9	26·7	26·8

	299	300
1	3·0	3·0
2	6·0	6·0
3	9·0	9·0
4	12·0	12·0
5	15·0	15·0
6	17·9	18·0
7	20·9	21·0
8	23·9	24·0
9	26·9	27·0

	301	302
1	3·0	3·0
2	6·0	6·0
3	9·0	9·1
4	12·0	12·1
5	15·1	15·1
6	18·1	18·1
7	21·1	21·1
8	24·1	24·2
9	27·1	27·2

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ k t}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	84° *log M*	Diff. 1″	85° *log M*	Diff. 1″	86° *log M*	Diff. 1″	87° *log M*	Diff. 1″
0′ 0″	1·933385	3·02	1·944286	3·03	1·955260	3·06	1·966314	3·08
1 40	3687	3·02	4589	3·04	5566	3·06	6622	3·09
3 20	3989	3·02	4893	3·04	5872	3·06	6931	3·08
5 0	4291	3·02	5197	3·04	6178	3·06	7239	3·08
6 40	4593	3·02	5501	3·04	6484	3·07	7547	3·09
8 20	4895		5805		6791		7856	
		3·02		3·04		3·06		3·08
10 0	1·935197	3·02	1·946109	3·04	1·957097	3·06	1·968164	3·09
11 40	5499	3·02	6413	3·05	7403	3·07	8473	3·09
13 20	5801	3·03	6718	3·04	7710	3·06	8782	3·09
15 0	6104	3·02	7022	3·04	8016	3·07	9091	3·08
16 40	6406	3·02	7326	3·05	8323	3·06	9399	3·09
18 20	6708		7631		8629		1·969708	
		3·03		3·04		3·07		3·09
20 0	1·937011	3·02	1·947935	3·05	1·958936	3·07	1·970017	3·09
21 40	7313	3·03	8240	3·04	9243	3·06	0326	3·09
23 20	7616	3·02	8544	3·05	9549	3·07	0635	3·09
25 0	7918	3·03	8849	3·05	1·959856	3·07	0944	3·10
26 40	8221	3·03	9154	3·05	1·960163	3·07	1254	3·09
28 20	8524		9459		0470		1563	
		3·02		3·04		3·07		3·09
30 0	1·938826	3·03	1·949763	3·05	1·960777	3·07	1·971872	3·10
31 40	9129	3·03	1·950068	3·05	1084	3·07	2182	3·09
33 20	9432	3·03	0373	3·05	1391	3·07	2491	3·10
35 0	1·939735	3·03	0678	3·05	1698	3·08	2801	3·09
36 40	1·940038	3·03	0983	3·05	2006	3·07	3110	3·10
38 20	0341		1288		2313		3420	
		3·03		3·05		3·07		3·10
40 0	1·940644	3·03	1·951593	3·06	1·962620	3·08	1·973730	3·10
41 40	0947	3·04	1899	3·05	2928	3·07	4040	3·09
43 20	1251	3·03	2204	3·05	3235	3·08	4349	3·10
45 0	1554	3·03	2509	3·06	3543	3·08	4659	3·10
46 40	1857	3·03	2815	3·05	3851	3·07	4969	3·10
48 20	2160		3120		4158		5279	
		3·04		3·06		3·08		3·11
50 0	1·942464	3·03	1·953426	3·05	1·964466	3·08	1·975590	3·10
51 40	2767	3·04	3731	3·06	4774	3·08	5900	3·10
53 20	3071	3·03	4037	3·06	5082	3·08	6210	3·11
55 0	3374	3·04	4343	3·06	5390	3·08	6521	3·10
56 40	3678	3·04	4649	3·05	5698	3·08	6831	3·10
58 20	3982		4954		6006		7141	
		3·04		3·06		3·08		3·11
60 0	1·944286		1·955260		1·966314		1·977452	

Proportional-theile

	303	304		305	306		307	308		309	310
1	3·0	3·0	1	3·1	3·1	1	3·1	3·1	1	3·1	3·1
2	6·1	6·1	2	6·1	6·1	2	6·1	6·2	2	6·2	6·2
3	9·1	9·1	3	9·2	9·2	3	9·2	9·2	3	9·3	9·3
4	12·1	12·2	4	12·2	12·2	4	12·3	12·3	4	12·4	12·4
5	15·2	15·2	5	15·3	15·3	5	15·4	15·4	5	15·5	15·5
6	18·2	18·2	6	18·3	18·4	6	18·4	18·5	6	18·5	18·6
7	21·2	21·3	7	21·4	21·4	7	21·5	21·6	7	21·6	21·7
8	24·2	24·3	8	24·4	24·5	8	24·6	24·6	8	24·7	24·8
9	27·3	27·4	9	27·5	27·5	9	27·6	27·7	9	27·8	27·9

Tafel für $log\, M = log \frac{75\, k\, t}{\sqrt{2\, q^3}}$

v	88° $log\, M$	Diff. 1″	89° $log\, M$	Diff. 1″	90° $log\, M$	Diff. 1″	91° $log\, M$	Diff. 1″
0′ 0″	1·977452		1·988679		2·000000		2·011420	
		3·11		3·13		3·16		3·19
1 40	7763		8992		0316		1739	
		3·10		3·13		3·16		3·19
3 20	8073		9305		0632		2058	
		3·11		3·14		3·16		3·19
5 0	8384		9619		0948		2377	
		3·11		3·13		3·16		3·19
6 40	8695		1·989932		1264		2696	
		3·11		3·14		3·16		3·19
8 20	9006		1·990246		1580		3015	
		3·11		3·13		3·16		3·19
10 0	1·979317		1·990559		2·001896		2·013334	
		3·11		3·14		3·17		3·19
11 40	9628		0873		2213		3653	
		3·11		3·13		3·16		3·19
13 20	1·979939		1186		2529		3972	
		3·11		3·14		3·17		3·20
15 0	1·980250		1500		2846		4292	
		3·11		3·14		3·16		3·19
16 40	0561		1814		3162		4611	
		3·12		3·14		3·17		3·19
18 20	0873		2128		3479		4930	
		3·11		3·14		3·17		3·20
20 0	1·981184		1·992442		2·003796		2·015250	
		3·12		3·14		3·16		3·20
21 40	1496		2756		4112		5570	
		3·11		3·14		3·17		3·19
23 20	1807		3070		4429		5889	
		3·12		3·14		3·17		3·20
25 0	2119		3384		4746		6209	
		3·12		3·15		3·17		3·20
26 40	2431		3699		5063		6529	
		3·11		3·14		3·17		3·20
28 20	2742		4013		5380		6849	
		3·12		3·14		3·17		3·20
30 0	1·983054		1·994327		2·005697		2·017169	
		3·12		3·15		3·18		3·20
31 40	3366		4642		6015		7489	
		3·12		3·15		3·17		3·21
33 20	3678		4957		6332		7810	
		3·12		3·14		3·17		3·20
35 0	3990		5271		6649		8130	
		3·12		3·15		3·18		3·20
36 40	4302		5586		6967		8450	
		3·12		3·15		3·18		3·21
38 20	4614		5901		7285		8771	
		3·12		3·15		3·17		3·21
40 0	1·984926		1·996216		2·007602		2·019092	
		3·13		3·15		3·18		3·20
41 40	5239		6531		7920		9412	
		3·12		3·15		3·18		3·21
43 20	5551		6846		8238		2·019733	
		3·13		3·15		3·18		3·21
45 0	5864		7161		8556		2·020054	
		3·12		3·15		3·18		3·21
46 40	6176		7476		8874		0375	
		3·13		3·15		3·18		3·21
48 20	6489		7791		9192		0696	
		3·12		3·15		3·18		3·21
50 0	1·986801		1·998106		2·009510		2·021017	
		3·13		3·16		3·18		3·21
51 40	7114		8422		2·009828		1338	
		3·13		3·15		3·18		3·21
53 20	7427		8737		2·010146		1659	
		3·13		3·16		3·19		3·22
55 0	7740		9053		0465		1981	
		3·13		3·16		3·18		3·21
56 40	8053		9369		0783		2302	
		3·13		3·15		3·19		3·22
58 20	8366		1·999684		1102		2624	
		3·13		3·16		3·18		3·21
60 0	1·988679		2·000000		2·011420		2·022945	

Proportionaltheile

	311	312	313
1	3·1	3·1	3·1
2	6·2	6·2	6·3
3	9·3	9·4	9·4
4	12·4	12·5	12·5
5	15·6	15·6	15·7
6	18·7	18·7	18·8
7	21·8	21·8	21·9
8	24·9	25·0	25·0
9	28·0	28·1	28·2

	314	315	316
1	3·1	3·2	3·2
2	6·3	6·3	6·3
3	9·4	9·5	9·5
4	12·6	12·6	12·6
5	15·7	15·8	15·8
6	18·8	18·9	19·0
7	22·0	22·1	22·1
8	25·1	25·2	25·3
9	28·3	28·4	28·4

	317	318	319
1	3·2	3·2	3·2
2	6·3	6·4	6·4
3	9·5	9·5	9·6
4	12·7	12·7	12·8
5	15·9	15·9	16·0
6	19·0	19·1	19·1
7	22·2	22·3	22·3
8	25·4	25·4	25·5
9	28·5	28·6	28·7

	320	321	322
1	3·2	3·2	3·2
2	6·4	6·4	6·4
3	9·6	9·6	9·7
4	12·8	12·8	12·9
5	16·0	16·1	16·1
6	19·2	19·3	19·3
7	22·4	22·5	22·5
8	25·6	25·7	25·8
9	28·8	28·9	29·0

Tafel für $log\ M = log \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	92° log M	92° Diff. 1″	93° log M	93° Diff. 1″	94° log M	94° Diff. 1″	95° log M	95° Diff. 1″
0′ 0″	2·022945	3·22	2·034580	3·25	2·046330	3·28	2·058201	3·31
1 40	3267	3·22	4905	3·24	6658	3·28	8532	3·32
3 20	3589	3·21	5229	3·25	6986	3·28	8864	3·31
5 0	3910	3·22	5554	3·25	7314	3·29	9195	3·32
6 40	4232	3·22	5879	3·26	7643	3·28	9527	3·32
8 20	4554		6205		7971		2·059859	
		3·22		3·25		3·29		3·32
10 0	2·024876	3·23	2·036530	3·25	2·048300	3·28	2·060191	3·32
11 40	5199	3·22	6855	3·26	8628	3·29	0523	3·32
13 20	5521	3·22	7181	3·25	8957	3·29	0855	3·33
15 0	5843	3·23	7506	3·26	9286	3·29	1188	3·32
16 40	6166	3·22	7832	3·25	9615	3·29	1520	3·33
18 20	6488		8157		2·049944		1853	
		3·23		3·26		3·29		3·32
20 0	2·026811	3·23	2·038483	3·26	2·050273	3·29	2·062185	3·33
21 40	7134	3·22	8809	3·26	0602	3·29	2518	3·33
23 20	7456	3·23	9135	3·26	0931	3·30	2851	3·33
25 0	7779	3·23	9461	3·26	1261	3·29	3184	3·33
26 40	8102	3·23	2·039787	3·27	1590	3·30	3517	3·33
28 20	8425		2·040114		1920		3850	
		3·23		3·26		3·30		3·33
30 0	2·028748	3·24	2·040440	3·26	2·052250	3·29	2·064183	3·33
31 40	9072	3·23	0766	3·27	2579	3·30	4516	3·34
33 20	9395	3·23	1093	3·26	2909	3·30	4850	3·33
35 0	2·029718	3·24	1419	3·27	3239	3·30	5183	3·34
36 40	2·030042	3·23	1746	3·27	3569	3·30	5517	3·34
38 20	0365		2073		3899		5851	
		3·24		3·27		3·31		3·33
40 0	2·030689	3·24	2·042400	3·27	2·054230	3·30	2·066184	3·34
41 40	1013	3·24	2727	3·27	4560	3·31	6518	3·34
43 20	1337	3·23	3054	3·27	4891	3·30	6852	3·35
45 0	1660	3·24	3381	3·27	5221	3·31	7187	3·34
46 40	1984	3·25	3708	3·28	5552	3·31	7521	3·34
48 20	2309		4036		5883		7855	
		3·24		3·27		3·30		3·34
50 0	2·032633	3·24	2·044363	3·28	2·056213	3·31	2·068189	3·35
51 40	2957	3·24	4691	3·27	6544	3·31	8524	3·35
53 20	3281	3·25	5018	3·28	6875	3·32	8859	3·34
55 0	3606	3·24	5346	3·28	7207	3·31	9193	3·35
56 40	3930	3·25	5674	3·28	7538	3·31	9528	3·35
58 20	4255		6002		7869		2·069863	
		3·25		3·28		3·32		3·35
60 0	2·034580		2·046330		2·058201		2·070198	

Proportionaltheile

	323	324	325
1	3·2	3·2	3·3
2	6·5	6·5	6·5
3	9·7	9·7	9·8
4	12·9	13·0	13·0
5	16·2	16·2	16·3
6	19·4	19·4	19·5
7	22·6	22·7	22·8
8	25·8	25·9	26·0
9	29·1	29·2	29·3

	326	327	328
1	3·3	3·3	3·3
2	6·5	6·5	6·6
3	9·8	9·8	9·8
4	13·0	13·1	13·1
5	16·3	16·4	16·4
6	19·6	19·6	19·7
7	22·8	22·9	23·0
8	26·1	26·2	26·2
9	29·3	29·4	29·5

	329	330	331
1	3·3	3·3	3·3
2	6·6	6·6	6·6
3	9·9	9·9	9·9
4	13·2	13·2	13·2
5	16·5	16·5	16·6
6	19·7	19·8	19·9
7	23·0	23·1	23·2
8	26·3	26·4	26·5
9	29·6	29·7	29·8

	332	333	334
1	3·3	3·3	3·3
2	6·6	6·7	6·7
3	10·0	10·0	10·0
4	13·3	13·3	13·4
5	16·6	16·7	16·7
6	19·9	20·0	20·0
7	23·2	23·3	23·4
8	26·6	26·6	26·7
9	29·9	30·0	30·1

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	96° log M	96° Diff. 1''	97° log M	97° Diff. 1''	98° log M	98° Diff. 1''	99° log M	99° Diff. 1''
0 0''	2·070198	3·35	2·082328	3·39	2·094597	3·43	2·107011	3·47
1 40	0533	3·35	2667	3·39	4940	3·43	7358	3·47
3 20	0868	3·36	3006	3·39	5283	3·43	7705	3·47
5 0	1204	3·35	3345	3·40	5626	3·43	8052	3·47
6 40	1539	3·36	3685	3·39	5969	3·43	8399	3·48
8 20	1875	3·35	4024	3·39	6312	3·44	8747	3·47
10 0	2·072210	3·36	2·084363	3·40	2·096656	3·43	2·109094	3·48
11 40	2546	3·36	4703	3·39	6999	3·44	9442	3·48
13 20	2882	3·36	5042	3·40	7343	3·44	2·109790	3·48
15 0	3218	3·36	5382	3·40	7687	3·44	2·110138	3·48
16 40	3554	3·36	5722	3·40	8031	3·44	0486	3·48
18 20	3890	3·36	6062	3·40	8375	3·44	0834	3·48
20 0	2·074226	3·37	2·086402	3·40	2·098719	3·44	2·111182	3·48
21 40	4563	3·36	6742	3·41	9063	3·44	1530	3·49
23 20	4899	3·37	7083	3·40	9407	3·45	1879	3·49
25 0	5236	3·37	7423	3·41	2·099752	3·44	2228	3·48
26 40	5573	3·36	7764	3·40	2·100096	3·45	2576	3·49
28 20	5909	3·37	8104	3·41	0441	3·45	2925	3·49
30 0	2·076246	3·37	2·088445	3·41	2·100786	3·44	2·113274	3·49
31 40	6583	3·37	8786	3·41	1130	3·45	3623	3·49
33 20	6920	3·38	9127	3·41	1475	3·45	3972	3·50
35 0	7258	3·37	9468	3·41	1820	3·46	4322	3·49
36 40	7595	3·37	2·089809	3·41	2166	3·45	4671	3·50
38 20	7932	3·38	2·090150	3·42	2511	3·45	5021	3·49
40 0	2·078270	3·37	2·090492	3·41	2·102856	3·46	2·115370	3·50
41 40	8607	3·38	0833	3·42	3202	3·46	5720	3·50
43 20	8945	3·38	1175	3·42	3548	3·46	6070	3·50
45 0	9283	3·38	1517	3·41	3894	3·45	6420	3·50
46 40	9621	3·38	1858	3·42	4239	3·46	6770	3·51
48 20	2·079959	3·38	2200	3·42	4585	3·47	7121	3·50
50 0	2·080297	3·38	2·092542	3·43	2·104932	3·46	2·117471	3·51
51 40	0635	3·39	2885	3·42	5278	3·46	7822	3·50
53 20	0974	3·38	3227	3·42	5624	3·47	8172	3·51
55 0	1312	3·39	3569	3·43	5971	3·46	8523	3·51
56 40	1651	3·38	3912	3·42	6317	3·47	8874	3·51
58 20	1989	3·39	4254	3·43	6664	3·47	9225	3·51
60 0	2·082328		2·094597		2·107011		2·119576	

Proportionaltheile

	335	336	337
1	3·4	3·4	3·4
2	6·7	6·7	6·7
3	10·1	10·1	10·1
4	13·4	13·4	13·5
5	16·8	16·8	16·9
6	20·1	20·2	20·2
7	23·5	23·5	23·6
8	26·8	26·9	27·0
9	30·2	30·2	30·3

	338	339	340
1	3·4	3·4	3·4
2	6·8	6·8	6·8
3	10·1	10·2	10·2
4	13·5	13·6	13·6
5	16·9	17·0	17·0
6	20·3	20·3	20·4
7	23·7	23·7	23·8
8	26·0	27·1	27·2
9	30·4	30·5	30·6

	341	342	343
1	3·4	3·4	3·4
2	6·8	6·8	6·9
3	10·2	10·3	10·3
4	13·6	13·7	13·7
5	17·1	17·1	17·2
6	20·5	20·5	20·6
7	23·9	23·9	24·0
8	27·3	27·4	27·4
9	30·7	30·8	30·9

	344	345	346
1	3·4	3·5	3·5
2	6·9	6·9	6·9
3	10·3	10·4	10·4
4	13·8	13·8	13·8
5	17·2	17·3	17·3
6	20·6	20·7	20·8
7	24·1	24·2	24·2
8	27·5	27·6	27·7
9	31·0	31·1	31·1

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	100° *log M*	Diff. 1″	101° *log M*	Diff. 1″	102° *log M*	Diff. 1″	103° *log M*	Diff. 1″
0′ 0″	2·119576	3·51	2·132299	3·56	2·145187	3·60	2·158246	3·65
1 40	2·119927	3·52	2655	3·56	5547	3·61	8611	3·66
3 20	2·120279	3·51	3011	3·56	5908	3·60	8977	3·65
5 0	0630	3·52	3367	3·56	6268	3·61	9342	3·66
6 40	0982	3·51	3723	3·56	6629	3·61	2·159708	3·66
8 20	1333	3·52	4079	3·56	6990	3·61	2·160074	3·66
10 0	2·121685	3·52	2·134435	3·57	2·147351	3·61	2·160440	3·66
11 40	2037	3·52	4792	3·56	7712	3·62	0806	3·66
13 20	2389	3·53	5148	3·57	8074	3·61	1172	3·67
15 0	2742	3·52	5505	3·57	8435	3·62	1539	3·66
16 40	3094	3·52	5862	3·57	8797	3·61	1905	3·67
18 20	3446	3·53	6219	3·57	9158	3·62	2272	3·67
20 0	2·123799	3·53	2·136576	3·57	2·149520	3·62	2·162639	3·67
21 40	4152	3·53	6933	3·58	2·149882	3·63	3006	3·67
23 20	4505	3·53	7291	3·57	2·150245	3·62	3373	3·67
25 0	4858	3·53	7648	3·58	0607	3·62	3740	3·67
26 40	5211	3·53	8006	3·58	0969	3·63	4107	3·68
28 20	5564	3·53	8364	3·58	1332	3·62	4475	3·67
30 0	2·125917	3·53	2·138722	3·58	2·151694	3·63	2·164842	3·68
31 40	6270	3·54	9080	3·58	2057	3·63	5210	3·68
33 20	6624	3·54	9438	3·58	2420	3·63	5578	3·68
35 0	6978	3·54	2·139796	3·59	2783	3·64	5946	3·68
36 40	7332	3·54	2·140155	3·58	3147	3·63	6314	3·69
38 20	7686	3·54	0513	3·59	3510	3·63	6683	3·68
40 0	2·128040	3·54	2·140872	3·59	2·153873	3·64	2·167051	3·69
41 40	8394	3·55	1231	3·59	4237	3·64	7420	3·69
43 20	8749	3·54	1590	3·59	4601	3·64	7789	3·69
45 0	9103	3·55	1949	3·59	4965	3·64	8158	3·69
46 40	9458	3·54	2308	3·59	5329	3·64	8527	3·69
48 20	2·129812	3·55	2667	3·60	5693	3·64	8896	3·69
50 0	2·130167	3·55	2·143027	3·60	2·156057	3·65	2·169265	3·70
51 40	0522	3·55	3387	3·59	6422	3·64	2·169635	3·69
53 20	0877	3·56	3746	3·60	6786	3·65	2·170004	3·70
55 0	1233	3·55	4106	3·60	7151	3·65	0374	3·70
56 40	1588	3·55	4466	3·60	7516	3·65	0744	3·70
58 20	1943	3·56	4826	3·61	7881	3·65	1114	3·70
60 0	2·132299		2·145187		2·158246		2·171484	

Proportionaltheile

	348	350	352	354	356	358	360	362	364	366	368	370
1	3·5	3·5	3·5	3·5	3·6	3·6	3·6	3·6	3·6	3·7	3·7	3·7
2	7·0	7·0	7·0	7·1	7·1	7·2	7·2	7·2	7·3	7·3	7·4	7·4
3	10·4	10·5	10·6	10·6	10·7	10·7	10·8	10·9	10·9	11·0	11·0	11·1
4	13·9	14·0	14·1	14·2	14·2	14·3	14·4	14·5	14·6	14·6	14·0	14·8
5	17·4	17·5	17·6	17·7	17·8	17·9	18·0	18·1	18·2	18·3	18·4	18·5
6	20·9	21·0	21·1	21·2	21·4	21·5	21·6	21·7	21·8	22·0	22·1	22·2
7	24·4	24·5	24·6	24·8	24·9	25·1	25·2	25·3	25·5	25·6	25·8	25·9
8	27·8	28·0	28·2	28·3	28·5	28·6	28·8	29·0	29·1	29·3	29·4	29·6
9	31·3	31·5	31·7	31·9	32·0	32·2	32·4	32·6	32·8	32·9	33·1	33·3

Tafel für $log\ M = log \frac{75\ k\ t}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	104° log M	Diff. 1″	105° log M	Diff. 1″	106° log M	Diff. 1″	107° log M	Diff. 1″
0′ 0″	2·171484		2·184909		2·198528		2·212349	
		3·71		3·76		3·81		3·87
1 40	1855		5285		8909		2736	
		3·70		3·76		3·82		3·87
3 20	2225		5661		9291		3123	
		3·71		3·76		3·81		3·87
5 0	2596		6037		2·199672		3510	
		3·71		3·76		3·82		3·88
6 40	2967		6413		2·200054		3898	
		3·71		3·76		3·82		3·87
8 20	3338		6789		0436		4285	
		3·71		3·76		3·81		3·88
10 0	2·173709		2·187165		2·200817		2·214673	
		3·71		3·77		3·83		3·88
11 40	4080		7542		1200		5061	
		3·71		3·77		3·82		3·88
13 20	4451		7919		1582		5449	
		3·72		3·76		3·82		3·88
15 0	4823		8295		1964		5837	
		3·72		3·77		3·83		3·89
16 40	5195		8672		2347		6226	
		3·71		3·78		3·83		3·88
18 20	5566		9050		2730		6614	
		3·72		3·77		3·82		3·89
20 0	2·175938		2·189427		2·203112		2·217003	
		3·72		3·77		3·83		3·89
21 40	6310		2·189804		3495		7392	
		3·73		3·78		3·84		3·89
23 20	6683		2·190182		3879		7781	
		3·72		3·78		3·83		3·89
25 0	7055		0560		4262		8170	
		3·73		3·78		3·83		3·89
26 40	7428		0938		4645		8559	
		3·72		3·78		3·84		3·90
28 20	7800		1316		5029		8949	
		3·73		3·78		3·84		3·89
30 0	2·108173		2·191694		2·205413		2·219338	
		3·73		3·78		3·84		3·90
31 40	8546		2072		5797		2·219728	
		3·73		3·79		3·84		3·90
33 20	8919		2451		6181		2·220118	
		3·73		3·79		3·84		3·90
35 0	9292		2830		6565		0508	
		3·74		3·78		3·85		3·91
36 40	2·179666		3208		6950		0899	
		3·73		3·79		3·85		3·90
38 20	2·180039		3587		7335		1289	
		3·74		3·79		3·84		3·91
40 0	2·180413		2·193966		2·207719		2·221680	
		3·74		3·80		3·85		3·91
41 40	0787		4346		8104		2071	
		3·74		3·79		3·85		3·91
43 20	1161		4725		8489		2462	
		3·74		3·80		3·86		3·91
45 0	1535		5105		8875		2853	
		3·74		3·80		3·85		3·91
46 40	1909		5485		9260		3244	
		3·74		3·79		3·86		3·92
48 20	2283		5864		2·209646		3636	
		3·75		3·81		3·85		3·91
50 0	2·182658		2·196245		2·210031		2·224027	
		3·75		3·80		3·86		3·92
51 40	3033		6625		0417		4419	
		3·75		3·80		3·86		3·92
53 20	3408		7005		0803		4811	
		3·75		3·81		3·87		3·92
55 0	3783		7386		1190		5203	
		3·75		3·80		3·86		3·93
56 40	4158		7766		1576		5596	
		3·76		3·81		3·87		3·92
58 20	4534		8147		1963		5988	
		3·75		3·81		3·86		3·93
60 0	2·184909		2·198528		2·212349		2·226381	

Proportional-theile

	370	372	374
1	3·7	3·7	3·7
2	7·4	7·4	7·5
3	11·1	11·2	11·2
4	14·8	14·9	15·0
5	18·5	18·6	18·7
6	22·2	22·3	22·4
7	25·9	26·0	26·2
8	29·6	29·8	29·9
9	33·3	33·5	33·7

	376	378	380
1	3·8	3·8	3·8
2	7·5	7·6	7·6
3	11·3	11·3	11·4
4	15·0	15·1	15·2
5	18·8	18·9	19·0
6	22·6	22·7	22·8
7	26·3	26·5	26·6
8	30·1	30·2	30·4
9	33·8	34·0	34·2

	382	384	386
1	3·8	3·8	3·9
2	7·6	7·7	7·7
3	11·5	11·5	11·6
4	15·3	15·4	15·4
5	19·1	19·2	19·3
6	22·9	23·0	23·2
7	26·7	26·9	27·0
8	30·6	30·7	30·9
9	34·4	34·6	34·7

	388	390	392
1	3·9	3·9	3·9
2	7·8	7·8	7·8
3	11·6	11·7	11·8
4	15·5	15·6	15·7
5	19·4	19·5	19·6
6	23·3	23·4	23·5
7	27·2	27·3	27·4
8	31·0	31·2	31·4
9	34·9	35·1	35·3

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	108° log M	Diff. 1″	109° log M	Diff. 1″	110° log M	Diff. 1″	111° log M	Diff. 1″
0′ 0″	2·226381	3·93	2·240631	3·99	2·255110	4·05	2·269826	4·12
1 40	6774	3·93	1030	4·00	5515	4·06	2·270238	4·12
3 20	7167	3·93	1430	3·99	5921	4·06	0650	4·13
5 0	7560	3·93	1829	4·00	6327	4·06	1063	4·13
6 40	7953	3·94	2229	4·00	6733	4·06	1476	4·13
8 20	8347	3·94	2629	3·99	7139	4·07	1889	4·13
10 0	2·228741	3·93	2·243028	4·00	2·257546	4·06	2·272302	4·13
11 40	9134	3·94	3428	4·01	7952	4·07	2715	4·14
13 20	9528	3·95	3829	4·00	8359	4·07	3129	4·14
15 0	2·229923	3·94	4229	4·01	8766	4·07	3543	4·14
16 40	2·230317	3·95	4630	4·01	9173	4·08	3957	4·14
18 20	0712	3·94	5031	4·01	9581	4·07	4371	4·14
20 0	2·231106	3·95	2·245432	4·01	2·259988	4·08	2·274785	4·15
21 40	1501	3·95	5833	4·01	2·260396	4·08	5200	4·14
23 20	1896	3·96	6234	4·02	0804	4·08	5614	4·15
25 0	2292	3·95	6636	4·02	1212	4·08	6029	4·15
26 40	2687	3·95	7038	4·02	1620	4·09	6444	4·16
28 20	3082	3·96	7440	4·02	2029	4·08	6860	4·15
30 0	2·233478	3·96	2·247842	4·02	2·262437	4·09	2·277275	4·16
31 40	3874	3·96	8244	4·02	2846	4·09	7691	4·16
33 20	4270	3·97	8646	4·03	3255	4·10	8107	4·16
35 0	4667	3·96	9049	4·03	3665	4·09	8523	4·16
36 40	5063	3·97	9452	4·03	4074	4·10	8939	4·17
38 20	5460	3·96	2·249855	4·03	4484	4·09	9356	4·16
40 0	2·235856	3·97	2·250258	4·03	2·264893	4·10	2·279772	4·17
41 40	6253	3·97	0661	4·04	5303	4·11	2·280189	4·17
43 20	6650	3·98	1065	4·03	5714	4·10	0606	4·18
45 0	7048	3·97	1468	4·04	6124	4·10	1024	4·17
46 40	7445	3·98	1872	4·04	6534	4·11	1441	4·18
48 20	7843	3·98	2276	4·75	6945	4·11	1859	4·18
50 0	2·238241	3·98	2·252681	4·04	2·267356	4·11	2·282277	4·18
51 40	8639	3·98	3085	4·05	7767	4·11	2695	4·18
53 20	9037	3·98	3490	4·04	8178	4·12	3113	4·18
55 0	9435	3·99	3894	4·05	8590	4·12	3531	4·19
56 40	2·239834	3·99	4299	4·06	9002	4·11	3950	4·19
58 20	2·240233	3·98	4705	4·05	9413	4·13	4369	4·19
60 0	2·240631		2·255110		2·269826		2·284788	

Proportionaltheile

	394	397	400
1	3·9	4·0	4·0
2	7·9	7·9	8·0
3	11·8	11·9	12·0
4	15·8	15·9	16·0
5	19·7	19·9	20·0
6	23·6	23·8	24·0
7	27·6	27·8	28·0
8	31·5	31·8	32·0
9	35·5	35·7	36·0

	403	406	409
1	4·0	4·1	4·1
2	8·1	8·1	8·2
3	12·1	12·2	12·3
4	16·1	16·2	16·4
5	20·2	20·3	20·5
6	24·2	24·4	24·5
7	28·2	28·4	28·6
8	32·2	32·5	32·7
9	36·3	36·5	36·8

	412	415	418
1	4·1	4·2	4·2
2	8·2	8·3	8·4
3	12·4	12·5	12·5
4	16·5	16·6	16·7
5	20·6	20·8	20·9
6	24·7	24·9	25·1
7	28·8	29·1	29·3
8	33·0	33·2	33·4
9	37·1	37·4	37·6

	421	424	427
1	4·2	4·2	4·3
2	8·4	8·5	8·5
3	12·6	12·7	12·8
4	16·8	17·0	17·1
5	21·1	21·2	21·4
6	25·3	25·4	25·6
7	29·5	29·7	29·9
8	33·7	33·9	34·2
9	37·9	38·2	38·4

Tafel für $log\ M = log \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	112° $log\ M$	Diff. 1″	113° $log\ M$	Diff. 1″	114° $log\ M$	Diff. 1″	115° $log\ M$	Diff. 1″
0′ 0″	2·284788	4·19	2·300007	4·26	2·315493	4·34	2·331256	4·42
1 40	5207	4·19	0433	4·27	5927	4·34	1698	4·43
3 20	5626	4·20	0860	4·27	6361	4·35	2141	4·42
5 0	6046	4·20	1287	4·27	6796	4·34	2583	4·43
6 40	6466	4·20	1714	4·27	7230	3·35	3026	4·42
8 20	6886	4·20	2141	4·28	7665	4·35	3468	4·44
10 0	2·287306	4·21	2·302569	4·28	2·318100	4·36	2·333912	4·43
11 40	7727	4·20	2997	4·28	8536	4·35	4355	4·43
13 20	8147	4·21	3425	4·28	8971	4·36	4798	4·44
15 0	8568	4·21	3853	4·28	9407	4·36	5242	4·44
16 40	8989	4·21	4281	4·29	2·319843	4·36	5686	4·44
18 20	9410	4·22	4710	4·29	2·320279	4·37	6130	4·45
20 0	2·289832	4·21	2·305139	4·29	2·320716	4·37	2·336575	4·44
21 40	2·290253	4·22	5568	4·29	1153	4·36	7019	4·45
23 20	0675	4·22	5997	4·29	1589	4·38	7464	4·45
25 0	1097	4·23	6426	4·30	2027	4·37	7909	4·46
26 40	1520	4.22	6856	4·30	2464	4·37	8355	4·45
28 20	1942	4·23	7286	4·30	2901	4·38	8800	4·46
30 0	2·292365	4·22	2·307716	4·30	2·323339	4·38	2·339246	4·46
31 40	2787	4·23	8146	4·30	3777	4·38	2·339692	4·46
33 20	3210	4·24	8576	4·31	4215	4·39	2·340138	4·47
35 0	3634	4·23	9007	4·31	4654	4·38	0585	4·46
36 40	4057	4·24	9438	4·31	5092	4·39	1031	4·47
38 20	4481	4·24	2·309869	4·31	5531	4·39	1478	4·48
40 0	2·294905	4·24	2·310300	4·32	2·325970	4·40	2·341926	4·47
41 40	5329	4·24	0732	4·32	6410	4·39	2373	4·47
43 20	5753	4·24	1164	4·32	6849	4·40	2820	4·48
45 0	6177	4·25	1596	4·32	7289	4·40	3268	4·48
46 40	6602	4·25	2028	4·32	7729	4·40	3716	4·49
48 20	7027	4·25	2460	4·33	8169	4·40	4165	4·48
50 0	2·297452	4·25	2·312893	4·33	2·328609	4·41	2·344613	4·49
51 40	7877	4·26	3326	4·33	9050	4·41	5062	4·49
53 20	8303	4·25	3759	4·33	9491	4·41	5511	4·49
55 0	8728	4·26	4192	4·33	2·329932	4·41	5960	4·50
56 40	9154	4·26	4625	4·34	2·330373	4·42	6410	4·49
58 20	2·299580	4.27	5059	4·34	0815	4·41	6859	4·50
60 0	2·300007		2·315493		2·331256		2·347309	

Proportionaltheile

	418	421	424
1	4·2	4·2	4·2
2	8·4	8·4	8·5
3	12·5	12·6	12·7
4	16·7	16·8	17·0
5	20·9	21·1	21·2
6	25·1	25·3	25·4
7	29·3	29·5	29·7
8	33·4	33·7	33·9
9	37·6	37·9	38·2

	427	430	433
1	4·3	4·3	4·3
2	8·5	8·6	8·7
3	12·8	12·9	13·0
4	17·1	17·2	17·3
5	21·4	21·5	21·7
6	25·6	25·8	26·0
7	29·9	30·1	30·3
8	34·2	34·4	34·6
9	38·4	38·7	39·0

	436	439	442
1	4·4	4·4	4·4
2	8·7	8·8	8·8
3	13·1	13·2	13·3
4	17·4	17·6	17·7
5	21·8	22·0	22·1
6	26·2	26·3	26·5
7	30·5	30·7	30·9
8	34·9	35·1	35·4
9	39·2	39·5	39·8

	445	448	451
1	4·5	4·5	4·5
2	8·9	9·0	9·0
3	13·4	13·4	13·5
4	17·8	17·9	18·0
5	22·3	22·4	22·6
6	26·7	26·9	27·1
7	31·2	31·4	31·6
8	35·6	35·8	36·1
9	40·1	40·3	40·6

Tafel für $\log M = \log \frac{75\,k\,t}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	116° log M	Diff. 1″	117° log M	Diff. 1″	118° log M	Diff. 1″	119° log M	Diff. 1″
0′ 0″	2·347309	4·50	2·363663	4·58	2·380329	4·68	2·397321	4·77
1 40	7759	4·51	4121	4·59	0797	4·67	7798	4·77
3 20	8210	4·50	4580	4·59	1264	4·68	8275	4·77
5 0	8660	4·51	5039	4·60	1732	4·69	8752	4·78
6 40	9111	4·51	5499	4·59	2201	4·68	9230	4·78
8 20	2·349562	4·52	5958	4·60	2669	4·69	2·399708	4·78
10 0	2·350014	4·51	2·366418	4·60	2·383138	4·69	2·400186	4·78
11 40	0465	4·52	6878	4·61	3607	4·69	0664	4·79
13 20	0917	4·52	7339	4·60	4076	4·70	1143	4·78
15 0	1369	4·52	7799	4·61	4546	4·70	1621	4·80
16 40	1821	4·53	8260	4·61	5016	4·70	2101	4·79
18 20	2274	4·52	8721	4·62	5486	4·70	2580	4·80
20 0	2·352726	4·53	2·369183	4·61	2·385956	4·71	2·403060	4·80
21 40	3179	4·54	2·369644	4·62	6427	4·71	3540	4·80
23 20	3633	4·53	2·370106	4·62	6898	4·71	4020	4·80
25 0	4086	4·54	0568	4·63	7369	4·71	4500	4·81
26 40	4540	4·54	1031	4·62	7840	4·72	4981	4·81
28 20	4994	4·54	1493	4·63	8312	4·72	5462	4·81
30 0	2·355448	4·54	2·371956	4·63	2·388784	4·72	2·405943	4·82
31 40	5902	4·55	2419	4·63	9256	4·72	6425	4·82
33 20	6357	4·54	2882	4·64	2·389728	4·73	6907	4·82
35 0	6811	4·56	3346	4·64	2·390201	4·73	7389	4·82
36 40	7267	4·55	3810	4·64	0674	4·73	7871	4·83
38 20	7722	4·55	4274	4·64	1147	4·73	8354	4·82
40 0	2·358177	4·56	2·374738	4·65	2·391620	4·74	2·408836	4·84
41 40	8633	4·56	5203	4·64	2094	4·74	9320	4·83
43 20	9089	4·56	5667	4·65	2568	4·74	2·409803	4·84
45 0	2·359545	4·57	6132	4·66	3042	4·74	2·410287	4·84
46 40	2·360002	4·57	6598	4·65	3516	4·75	0771	4·84
48 20	0459	4·57	7063	4·66	3991	4·75	1255	4·84
50 0	2·360916	4·57	2·377529	4·66	2·394466	4·75	2·411739	4·85
51 40	1373	4·57	7995	4·66	4941	4·76	2224	4·85
53 20	1830	4·58	8461	4·67	5417	4·75	2709	4·85
55 0	2288	4·58	8928	4·67	5892	4·76	3194	4·86
56 40	2746	4·58	9395	4·67	6368	4·77	3680	4·86
58 20	3204	4·59	2·379862	4·67	6845	4·76	4166	4·86
60 0	2·363663		2·380329		2·397321		2·414652	

Proportionaltheile

	454	457	460	463	466	469	472	475	478	481	484	487
1	4·5	4·6	4·6	4·6	4·7	4·7	4·7	4·8	4·8	4·8	4·8	4·9
2	9·1	9·1	9·2	9·3	9·3	9·4	9·4	9·5	9·6	9·6	9·7	9·7
3	13·6	13·7	13·8	13·9	14·0	14·1	14·2	14·3	14·3	14·4	14·5	14·6
4	18·2	18·3	18·4	18·5	18·6	18·8	18·9	19·0	19·1	19·2	19·4	19·5
5	22·7	22·9	23·0	23·2	23·3	23·5	23·6	23·8	23·9	24·1	24·2	24·4
6	27·2	27·4	27·6	27·8	28·0	28·1	28·3	28·5	28·7	28·9	29·0	29·2
7	31·8	32·0	32·2	32·4	32·6	32·8	33·0	33·3	33·5	33·7	33·9	34·1
8	36·3	36·6	36·8	37·0	37·3	37·5	37·8	38·0	38·2	38·5	38·7	39·0
9	40·9	41·1	41·4	41·7	41·9	42·2	42·5	42·8	43·0	43·3	43·6	43·8

Tafel für $log\ M = log \frac{75\,kt}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	120° log M	120° Diff. 1″	121° log M	121° Diff. 1″	122° log M	122° Diff. 1″	123° log M	123° Diff. 1″
0′ 0″	2·414652		2·432336		2·450387		2·468821	
1 40	5138	4·86	2832	4·96	0894	5·07	9338	5·17
3 20	5625	4·87	3329	4·97	1401	5·07	2·469856	5·18
5 0	6112	4·87	3826	4·97	1908	5·07	2·470374	5·18
6 40	6599	4·87	4322	4·97	2416	5·08	0893	5·19
8 20	7087	4·88	4820	4·98	2924	5·08	1412	5·19
10 0	2·417574	4·87	2·435318	4·98	2·453432	5·08	2·471931	5·19
11 40	8062	4·88	5816	4·98	3941	5·09	2451	5·20
13 20	8551	4·89	6315	4·99	4450	5·09	2971	5·20
15 0	9039	4·88	6813	4·98	4959	5·09	3491	5·20
16 40	2·419528	4·89	7312	4·99	5468	5·09	4011	5·20
18 20	2·420017	4·89	7812	5·00	5978	5·10	4532	5·21
20 0	2·420507	4·90	2·438311	4·99	2·456488	5·10	2·475053	5·21
21 40	0996	4·89	8811	5·00	6998	5·10	5574	5·21
23 20	1486	4·90	9311	5·00	7509	5·11	6096	5·22
25 0	1976	4·90	2·439811	5·00	8020	5·11	6618	5·22
26 40	2467	4·91	2·440312	5·01	8531	5·11	7140	5·22
28 20	2958	4·91	0813	5·01	9043	5·12	7663	5·23
30 0	2·423449	4·91	2·441314	5·01	2·459555	5·12	2·478186	5·23
31 40	3940	4·91	1816	5·02	2·460067	5·12	8709	5·23
33 20	4432	4·92	2318	5·02	0580	5·13	9233	5·24
35 0	4924	4·92	2820	5·02	1092	5·12	2·479757	5·24
36 40	5416	4·92	3322	5·02	1605	5·13	2·480281	5·24
38 20	5908	4·92	3825	5·03	2119	5·14	0805	5·24
40 0	2·426401	4·93	2·444328	5·03	2·462633	5·14	2·481330	5·25
41 40	6894	4·93	4831	5·03	3147	5·14	1855	5·25
43 20	7387	4·93	5335	5·04	3661	5·14	2381	5·26
45 0	7881	4·94	5839	5·04	4175	5·14	2907	5·26
46 40	8375	4·94	6343	5·04	4690	5·15	3433	5·26
48 20	8869	4·94	6847	5·04	5206	5·16	3959	5·26
50 0	2·429363	4·94	2·447352	5·05	2·465721	5·15	2·484486	5·27
51 40	2·429858	4·95	7857	5·05	6237	5·16	5013	5·27
53 20	2·430353	4·95	8363	5·06	6753	5·16	5540	5·27
55 0	0848	4·95	8868	5·05	7269	5·16	6068	5·28
56 40	1344	4·96	9371	5·06	7786	5·17	6596	5·28
58 20	1840	4·96	2·449880	5·06	8303	5·17	7124	5·28
60 0	2·432336	4·96	2·450387	5·07	2·468821	5·18	2·487653	5·29

Proportionaltheile

	487	490	493
1	4·9	4·9	4·9
2	9·7	9·8	9·9
3	14·6	14·7	14·8
4	19·5	19·6	19·7
5	24·4	24·5	24·7
6	29·2	29·4	29·6
7	34·1	34·3	34·5
8	39·0	39·2	39·4
9	43·8	44·1	44·4

	496	499	502
1	5·0	5·0	5·0
2	9·9	10·0	10·0
3	14·9	15·0	15·1
4	19·8	20·0	20·1
5	24·8	25·0	25·1
6	29·8	29·9	30·1
7	34·7	34·9	35·1
8	39·7	39·9	40·2
9	44·6	44·9	45·2

	505	508	511
1	5·1	5·1	5·1
2	10·1	10·2	10·2
3	15·2	15·2	15·3
4	20·2	20·3	20·4
5	25·3	25·4	25·6
6	30·3	30·5	30·7
7	35·4	35·6	35·8
8	40·4	40·6	40·9
9	45·5	45·7	46·0

	514	517	520
1	5·1	5·2	5·2
2	10·3	10·3	10·4
3	15·4	15·5	15·6
4	20·6	20·7	20·8
5	25·7	25·9	26·0
6	30·8	31·0	31·2
7	36·0	36·2	36·4
8	41·1	41·4	41·6
9	46·3	46·5	46·8

Tafel für $log\ M = log \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	124° *log M*	Diff. 1"	125° *log M*	Diff. 1"	126° *log M*	Diff. 1"	127° *log M*	Diff. 1"
0' 0"	2·487653		2·506901		2·526581		2·546714	
		5·29		5·41		5·53		5·65
1 40	8182		7441		7134		7279	
		5·29		5·42		5·54		5·67
3 20	8711		7983		7688		7846	
		5·30		5·41		5·54		5·66
5 0	9241		8524		8242		8412	
		5·30		5·42		5·54		5·67
6 40	2·489771		9066		8796		8979	
		5·30		5·42		5·54		5·67
8 20	2·490301		2·509608		9350		2·549546	
		5·31		5·42		5·55		5·68
10 0	2·490832		2·510150		2·529905		2·550114	
		5·30		5·43		5·55		5·68
11 40	1362		0693		2·530460		0682	
		5·32		5·43		5·56		5·69
13 20	1894		1236		1016		1251	
		5·31		5·44		5·55		5·68
15 0	2425		1780		1571		1819	
		5·32		5·43		5·57		5·70
16 40	2957		2323		2128		2389	
		5·32		5·44		5·56		5·69
18 20	3489		2867		2684		2958	
		5·33		5·45		5·57		5·70
20 0	2·494022		2·513412		2·533241		2·553528	
		5·33		5·45		5·57		5·70
21 40	4555		3957		3798		4098	
		5·33		5·45		5·58		5·71
23 20	5088		4502		4356		4669	
		5·33		5·45		5·58		5·71
25 0	5621		5047		4914		5240	
		5·34		5·46		5·58		5·71
26 40	6155		5593		5472		5811	
		5·34		5·46		5·59		5·72
28 20	6689		6139		6031		6383	
		5·35		5·47		5·59		5·72
30 0	2·497224		2·516686		2·536590		2·556955	
		5·35		5·47		5·59		5·72
31 40	7759		7233		7149		7527	
		5·35		5·47		5·60		5·73
33 20	8294		7780		7709		8100	
		5·35		5·47		5·60		5·74
35 0	8829		8327		8269		8674	
		5·36		5·48		5·61		5·73
36 40	9365		8875		8830		9247	
		5·36		5·48		5·60		5·74
38 20	2·499901		9423		9390		2·559821	
		5·37		5·49		5·61		5·74
40 0	2·500438		2·519972		2·539951		2·560395	
		5·36		5·49		5·62		5·75
41 40	0974		2·520521		2·540513		0970	
		5·37		5·49		5·62		5·75
43 20	1511		1070		1075		1545	
		5·38		5·50		5·62		5·76
45 0	2049		1620		1637		2121	
		5·38		5·50		5·63		5·75
46 40	2587		2170		2200		2696	
		5·38		5·50		5·63		5·77
48 20	3125		2720		2763		3273	
		5·38		5·50		5·63		5·76
50 0	2·503663		2·523270		2·543326		2·563849	
		5·39		5·51		5·64		5·77
51 40	4202		3821		3890		4426	
		5·39		5·52		5·64		5·78
53 20	4741		4373		4454		5004	
		5·39		5·51		5·64		5·77
55 0	5280		4924		5018		5581	
		5·40		5·52		5·65		5·78
56 40	5820		5476		5583		6159	
		5·40		5·53		5·65		5·79
58 20	6360		6029		6148		6738	
		5·41		5·52		5·66		5·79
60 0	2·506901		2·526581		2·546714		2·567317	

Proportional-theile

	525	530	535
1	5·3	5·3	5·4
2	10·5	10·6	10·7
3	15·8	15·9	16·1
4	21·0	21·2	21·4
5	26·3	26·5	26·8
6	31·5	31·8	32·1
7	36·8	37·1	37·5
8	42·0	42·4	42·8
9	47·3	47·7	48·2

	540	545	550
1	5·4	5·5	5·5
2	10·8	10·9	11·0
3	16·2	16·4	16·5
4	21·6	21·8	22·0
5	27·0	27·3	27·5
6	32·4	32·7	33·0
7	37·8	38·2	38·5
8	43·2	43·6	44·0
9	48·6	49·1	49·5

	555	560	565
1	5·6	5·6	5·7
2	11·1	11·2	11·3
3	16·7	16·8	17·0
4	22·2	22·4	22·6
5	27·8	28·0	28·3
6	33·3	33·6	33·9
7	38·9	39·2	39·6
8	44·4	44·8	45·2
9	50·0	50·4	50·9

	570	575	580
1	5·7	5·8	5·8
2	11·4	11·5	11·6
3	17·1	17·3	17·4
4	22·8	23·0	23·2
5	28·5	28·8	29·0
6	34·2	34·5	34·8
7	39·9	40·3	40·6
8	45·6	46·0	46·4
9	51·3	51·8	52·2

Tafel für $log\ M = log \frac{75\,k\,t}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	128° log M	Diff. 1″	129° log M	Diff. 1″	130° log M	Diff. 1″	131° log M	Diff. 1″
0′ 0″	2·567317	5·79	2·588411	5·93	2·610019	6·08	2·632162	6·23
1 40	7896	5·79	9004	5·94	0627	6·08	2785	6·24
3 20	8475	5·80	2·589598	5·94	1235	6·08	3409	6·24
5 0	9055	5·81	2·590192	5·94	1843	6·09	4033	6·24
6 40	2·569636	5·81	0786	5·95	2452	6·10	4657	6·25
8 20	2·570217		1381		3062		5282	
		5·81		5·95		6·10		6·25
10 0	2·570798	5·81	2·591976	5·96	2·613672	6·10	2·635907	6·25
11 40	1379	5·82	2572	5·96	4282	6·10	6532	6·26
13 20	1961	5·82	3168	5·96	4892	6·12	7158	6·27
15 0	2543	5·83	3764	5·97	5504	6·11	7785	6·27
16 40	3126	5·83	4361	5·97	6115	6·12	8412	6·27
18 20	3709		4958		6727		9039	
		5·84		5·98		6·12		6·28
20 0	2·574293	5·83	2·595556	5·98	2·617339	6·13	2·639667	6·28
21 40	4876	5·85	6154	5·98	7952	6·13	2·640295	6·28
23 20	5461	5·84	6752	5·99	8565	6·14	0923	6·30
25 0	6045	5·85	7351	5·99	9179	6·14	1553	6·29
26 40	6630	5·85	7950	5·99	2·619793	6·14	2182	6·30
28 20	7215		8549		2·620407		2812	
		5·86		6·00		6·15		6·30
30 0	2·577801	5·86	2·599149	6·01	2·621022	6·15	2·643442	6·31
31 40	8387	5·87	2·599750	6·01	1637	6·16	4073	6·32
33 20	8974	5·87	2·600351	6·01	2253	6·16	4705	6·31
35 0	2·579561	5·87	0952	6·01	2869	6·17	5336	6·32
36 40	2·580148	5·88	1553	6·02	3486	6·17	5968	6·33
38 20	0736		2155		4103		6601	
		5·88		6·03		6·17		6·33
40 0	2·581324	5·88	2·602758	6·03	2·624720	6·18	2·647234	6·34
41 40	1912	5·89	3361	6·03	5338	6·18	7868	6·34
43 20	2501	5·89	3964	6·04	5956	6·19	8502	6·34
45 0	3090	5·90	4568	6·04	6575	6·19	9136	6·35
46 40	3680	5·90	5172	6·04	7194	6·20	2·649771	6·35
48 20	4270		5776		7814		2·650406	
		5·90		6·05		6·19		6·36
50 0	2·584860	5·91	2·606381	6·05	2·628433	6·21	2·651042	6·36
51 40	5451	5·91	6986	6·06	9054	6·21	1678	6·37
53 20	6042	5·92	7592	6·06	2·629675	6·21	2315	6·37
55 0	6634	5·92	8198	6·07	2·630296	6·22	2952	6·37
56 40	7226	5·92	8805	6·06	0918	6·22	3589	6·38
58 20	7818		2·609411		1540		4227	
		5·93		6·08		6·22		6·39
60 0	2·588411		2·610019		2·632162		2·654866	

Proportionaltheile

	580	585	590	595	600	605	610	615	620	625	630	635
1	5·8	5·9	5·9	6·0	6·0	6·1	6·1	6·2	6·2	6·3	6·3	6·4
2	11·6	11·7	11·8	11·9	12·0	12·1	12·2	12·3	12·4	12·5	12·6	12·7
3	17·4	17·6	17·7	17·9	18·0	18·2	18·3	18·5	18·6	18·8	18·9	19·1
4	23·2	23·4	23·6	23·8	24·0	24·2	24·4	24·6	24·8	25·0	25·2	25·4
5	29·0	29·3	29·5	29·8	30·0	30·3	30·5	30·8	31·0	31·3	31·5	31·8
6	34·8	35·1	35·4	35·7	36·0	36·3	36·6	36·9	37·2	37·5	37·8	38·1
7	40·6	41·0	41·3	41·7	42·0	42·4	42·7	43·1	43·4	43·8	44·1	44·5
8	46·4	46·8	47·2	47·6	48·0	48·4	48·8	49·2	49·6	50·0	50·4	50·8
9	52·2	52·7	53·1	53·6	54·0	54·5	54·9	55·4	55·8	56·3	56·7	57·2

Tafel für $log\ M = log \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ g^3}}$

v	132° log M	Diff. 1"	133° log M	Diff. 1"	134° log M	Diff. 1"	135° log M	Diff. 1"
0' 0"	2·654866	6·39	2·678155	6·55	2·702056	6·73	2·726599	6·91
1 40	5505	6·39	8810	6·56	2729	6·74	7290	6·92
3 20	6144	6·40	2·679466	6·57	3403	6·74	7982	6·92
5 0	6784	6·40	2·680123	6·57	4077	6·74	8674	6·93
6 40	7424	6·41	0780	6·57	4751	6·75	2·729367	6·93
8 20	8065	6·41	1437	6·58	5426	6·75	2·730060	6·94
10 0	2·658706	6·41	2·682095	6·58	2·706101	6·76	2·730754	6·94
11 40	9347	6·43	2753	6·59	6777	6·77	1448	6·95
13 20	2·659990	6·42	3412	6·60	7454	6·77	2143	6·95
15 0	2·660632	6·43	4072	6·59	8131	6·77	2838	6·96
16 40	1275	6·44	4731	6·61	8808	6·68	3584	6·97
18 20	1919	6·43	5392	6·60	2·709486	6·79	4231	8·97
20 0	2·662562	6·45	2·686052	6·62	2·710165	6·78	2·734928	6·97
21 40	3207	6·45	6714	6·61	0843	6·80	5625	6·98
23 20	3852	6·45	7375	6·63	1523	6·80	6323	6·99
25 0	4497	6·46	8038	6·62	2203	6·80	7022	6·99
26 40	5143	6·46	8700	6·64	2883	6·81	7721	6·99
28 20	5789	6·46	2·689364	6·63	3564	6·82	8420	7·00
30 0	2·666435	6·48	2·690027	6·64	2·714246	6·82	2·739120	7·01
31 40	7083	6·47	0691	6·65	4928	6·82	2·739821	7·01
33 20	7730	6·48	1356	6·65	5610	6·83	2·740522	7·02
35 0	8378	6·49	2021	6·66	6293	6·84	1224	7·02
36 40	9027	6·49	2687	6·66	6977	6·84	1926	7·03
38 20	2·669676	6·49	3353	6·66	7661	6·84	2629	7·03
40 0	2·670325	6·50	2·694019	6·67	2·718345	6·85	2·743332	7·04
41 40	0975	6·50	4686	6·68	9030	6·86	4036	7·04
43 20	1625	6·51	5354	6·68	2·719716	6·86	4740	7·05
45 0	2276	6·51	6022	6·68	2·720402	6·86	5445	7·06
46 40	2927	6·52	6690	6·69	1088	6·87	6151	7·06
48 20	3579	6·52	7359	6·70	1775	6·88	6857	7·06
50 0	2·674231	6·53	2·698029	6·70	2·722463	6·88	2·747563	7·07
51 40	4884	6·53	8699	6·70	3151	6·89	8270	7·08
53 20	5537	6·54	2·699369	6·71	3840	6·89	8978	7·08
55 0	6191	6·54	2·700040	6·72	4529	6·89	2·749686	7·09
56 40	6845	6·55	0712	6·72	5218	6·90	2·750395	7·09
58 20	7500	6·55	1384	6·72	5908	6·91	1104	7·10
60 0	2·678155		2·702056		2·726599		2·751814	

Proportional-theile

	640	645	650
1	6·4	6·5	6·5
2	12·8	12·9	13·0
3	19·2	19·4	19·5
4	25·6	25·8	26·0
5	32·0	32·3	32·5
6	38·4	38·7	39·0
7	44·8	45·2	45·5
8	51·2	51·6	52·0
9	57·6	58·1	58·5

	655	660	665
1	6·6	6·6	6·7
2	13·1	13·2	13·3
3	19·7	19·8	20·0
4	26·2	26·4	26·6
5	32·8	33·0	33·3
6	39·3	39·6	39·9
7	45·9	46·2	46·6
8	52·4	52·8	53·2
9	59·0	59·4	59·9

	670	680	690
1	6·7	6·8	6·9
2	13·4	13·6	13·8
3	20·1	20·4	20·7
4	26·8	27·2	27·6
5	33·5	34·0	34·5
6	40·2	40·8	41·4
7	46·9	47·6	48·3
8	53·6	54·4	55·2
9	60·3	61·2	62·1

	700	710	720
1	7·0	7·1	7·2
2	14·0	14·2	14·4
3	21·0	21·3	21·6
4	28·0	28·4	28·8
5	35·0	35·5	36·0
6	42·0	42·6	43·2
7	49·0	49·7	50·4
8	56·0	56·8	57·6
9	63·0	63·9	64·8

Tafel für $\log M = \log \frac{75\,kt}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	136° log M	136° Diff. 1″	137° log M	137° Diff. 1″	138° log M	138° Diff. 1″	139° log M	139° Diff. 1″
0′ 0″	2·751814	7·10	2·777732	7·31	2·804390	7·51	2·831822	7·74
1 40	2524	7·11	8463	7·31	5141	7·52	2596	7·74
3 20	3235	7·11	9194	7·31	5893	7·52	3370	7·75
5 0	3946	7·12	2·779925	7·32	6645	7·53	4145	7·75
6 40	4658	7·13	2·780657	7·33	7398	7·54	4920	7·76
8 20	5371		1390		8152		5696	
		7·13		7·33		7·55		7·77
10 0	2·756084	7·13	2·782123	7·34	2·808907	7·55	2·836473	7·77
11 40	6797	7·14	2857	7·34	2·809662	7·55	7250	7·78
13 20	7511	7·15	3591	7·35	2·810417	7·56	8028	7·78
15 0	8226	7·15	4326	7·35	1173	7·57	8806	7·79
16 40	8941	7·16	5061	7·36	1930	7·58	2·839585	7·80
18 20	2·759657		5797		2688		2·840365	
		7·16		7·37		7·58		7·81
20 0	2·760373	7·17	2·786534	7·37	2·813446	7·58	2·841146	7·81
21 40	1090	7·18	7271	7·38	4204	7·59	1927	7·82
23 20	1808	7·18	8009	7·39	4963	7·60	2709	7·82
25 0	2526	7·18	8748	7·39	5723	7·61	3491	7·83
26 40	3244	7·19	2·789487	7·39	6484	7·61	4274	7·84
28 20	3963		2·790226		7245		5058	
		7·20		7·40		7·62		7·84
30 0	2·764683	7·20	2·790966	7·41	2·818007	7·62	2·845842	7·85
31 40	5403	7·21	1707	7·41	8769	7·63	6627	7·85
33 20	6124	7·21	2448	7·42	2·819532	7·63	7412	7·87
35 0	6845	7·22	3190	7·43	2·820295	7·64	8199	7·87
36 40	7567	7·22	3933	7·43	1059	7·65	8986	7·87
38 20	8289		4676		1824		2·849773	
		7·23		7·44		7·66		7·88
40 0	2·769012	7·24	2·795420	7·44	2·822590	7·66	2·850561	7·89
41 40	2·769736	7·24	6164	7·45	3356	7·66	1350	7·90
43 20	2·770460	7·25	6909	7·45	4122	7·67	2140	7·90
45 0	1185	7·25	7654	7·46	4889	7·68	2930	7·90
46 40	1910	7·26	8400	7·47	5657	7·69	3720	7·92
48 20	2636		9147		6426		4512	
		7·26		7·47		7·69		7·92
50 0	2·773362	7·27	2·799894	7·48	2·827195	7·70	2·855304	7·93
51 40	4089	7·28	2·800642	7·48	7965	7·70	6097	7·93
53 20	4817	7·28	1390	7·49	8735	7·71	6890	7·94
55 0	5545	7·28	2139	7·50	2·829506	7·71	7684	7·95
56 40	6273	7·29	2889	7·50	2·830277	7·72	8479	7·95
58 20	7002		3639		1049		2·859274	
		7·30		7·51		7·73		7·96
60 0	2·777732		2·804390		2·831822		2·860070	

Proportionaltheile

	710	720	730
1	7·1	7·2	7·3
2	14·2	14·4	14·6
3	21·3	21·6	21·9
4	28·4	28·8	29·2
5	35·5	36·0	36·5
6	42·6	43·2	43·8
7	49·7	50·4	51·1
8	56·8	57·6	58·4
9	63·9	64·8	65·7

	740	750	760
1	7·4	7·5	7·6
2	14·8	15·0	15·2
3	22·2	22·5	22·8
4	29·6	30·0	30·4
5	37·0	37·5	38·0
6	44·4	45·0	45·6
7	51·8	52·5	53·2
8	59·2	60·0	60·8
8	66·6	67·5	68·4

	770	780	790
1	7·7	7·8	7·9
2	15·4	15·6	15·8
3	23·1	23·4	23·7
4	30·8	31·2	31·6
5	38·5	39·0	39·5
6	46·2	46·8	47·4
7	53·9	54·6	55·3
8	61·6	62·4	63·2
9	69·3	70·2	71·1

	800	810	820
1	8·0	8·1	8·2
2	16·0	16·2	16·4
3	24·0	24·3	24·7
4	32·0	32·4	32·8
5	40·0	40·5	41·0
6	48·0	48·6	49·2
7	56·0	56·7	57·4
8	64·0	64·8	65·6
9	72·0	72·9	73·8

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ kt}{\sqrt{2q^3}}$

v	140° log M	Diff. 1''	141° log M	Diff. 1''	142° log M	Diff. 1''	143° log M	Diff. 1''
0' 0''	2·860070	7·97	2·889175	8·22	2·919183	8·47	2·950142	8·74
1 40	0867	7·97	2·889997	8·21	2·920030	8·48	1016	8·75
3 20	1664	7·98	2·890818	8·23	0878	8·48	1891	8·76
5 0	2462	7·99	1641	8·23	1726	8·49	2767	8·76
6 40	3261	7·99	2464	8·24	2575	8·50	3643	8·77
8 20	4060		3288		3425		4520	
		8·00		8·25		8·51		8·78
10 0	2·864860	8·01	2·894113	8·25	2·924276	8·51	2·955398	8·79
11 40	5661	8·02	4938	8·26	5127	8·52	6277	8·79
13 20	6463	8·02	5764	8·27	5979	8·53	7156	8·81
15 0	7265	8·02	6591	8·27	6832	8·53	8037	8·81
16 40	8067	8·04	7418	8·29	7685	8·55	8918	8·81
18 20	8871		8247		8540		2·959799	
		8·04		8·28		8·55		8·83
20 0	2·869675	8·04	2·899075	8·30	2·929395	8·55	2·960682	8·84
21 40	2·870479	8·06	2·899905	8·30	2·930250	8·57	1566	8·84
23 20	1285	8·06	2·900735	8·31	1107	8·57	2450	8·85
25 0	2091	8·07	1566	8·32	1964	8·58	3335	8·86
26 40	2898	8·07	2398	8·32	2822	8·59	4221	8·86
28 20	3705		3230		3681		5107	
		8·08		8·34		8·60		8·88
30 0	2·874513	8·09	2·904064	8·33	2·934541	8·60	2·965995	8·88
31 40	5322	8·09	4897	8·35	5401	8·61	6883	8·89
33 20	6131	8·10	5732	8·35	6262	8·62	7772	8·90
35 0	6941	8·11	6567	8·36	7124	8·62	8662	8·90
36 40	7752	8·12	7403	8·37	7986	8·64	2·969552	8·91
38 20	8564		8240		8850		2·970443	
		8·12		8·37		8·64		8·93
40 0	2·879376	8·13	2·909077	8·39	2·939714	8·64	2·971336	8·93
41 40	2·880189	8·13	2·909916	8·38	2·940578	8·66	2229	8·93
43 20	1002	8·14	2·910754	8·40	1444	8·66	3122	8·95
45 0	1816	8·15	1594	8·40	2310	8·67	4017	8·95
46 40	2631	8·16	2434	8·41	3177	8·68	4912	8·97
48 20	3447		3275		4045		5809	
		8·16		8·42		8·69		8·97
50 0	2·884263	8·17	2·914117	8·43	2·944914	8·69	2·976706	8·98
51 40	5080	8·18	4960	8·43	5783	8·71	7604	8·98
53 20	5898	8·18	5803	8·44	6654	8·71	8502	9·00
55 0	6716	8·19	6647	8·45	7525	8·71	2·979402	9·00
56 40	7535	8·20	7492	8·45	8396	8·73	2·980302	9·01
58 20	8355		8337		2·949269		1203	
		8·20		8·46		8·73		9·02
60 0	2·889175		2·919183		2·950142		2·982105	

Proportionaltheile

	830	840	850	860	870	880	890	900	910	920	930	940
1	8·3	8·4	8·5	8·6	8·7	8·8	8·9	9·0	9·1	9·2	9·3	9·4
2	16·6	16·8	17·0	17·2	17·4	17·6	17·8	18·0	18·2	18·4	18·6	18·8
3	24·9	25·2	25·5	25·8	26·1	26·4	26·7	27·0	27·3	27·6	27·9	28·2
4	33·2	33·6	34·0	34·4	34·8	35·2	35·6	36·0	36·4	36·8	37·2	37·6
5	41·5	42·0	42·5	43·0	43·5	44·0	44·5	45·0	45·5	46·0	46·5	47·0
6	49·8	50·4	51·0	51·6	52·2	52·8	53·4	54·0	54·6	55·2	55·8	56·4
7	58·1	58·8	59·5	60·2	60·9	61·6	62·3	63·0	63·7	64·4	65·1	65·8
8	66·4	67·2	68·0	68·8	69·6	70·4	71·2	72·0	72·8	73·6	74·4	75·2
9	74·7	75·6	76·5	77·4	78·3	79·2	80·1	81·0	81·9	82·8	83·7	84·6

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ k\psi}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	144° log M	144° Diff. 1″	145° log M	145° Diff. 1″	146° log M	146° Diff. 1″	147° log M	147° Diff. 1″
0′ 0″	2·982105	9·03	3·015128	9·33	3·049273	9·65	3·084607	9·99
1 40	3008	9·03	6061	9·34	3·050238	9·66	5606	10·00
3 20	3911	9·04	6995	9·35	1204	9·67	6606	10·01
5 0	4815	9·06	7930	9·35	2171	9·68	7607	10·02
6 40	5721	9·06	8865	9·37	3139	9·69	8609	10·04
8 20	6627		3·019802		4108		3·089613	
		9·06		9·37		9·70		10·04
10 0	2·987533	9·08	3·020739	9·39	3·055078	9·71	3·090617	10·05
11 40	8441	9·09	1678	9·39	6049	9·71	1622	10·06
13 20	2·989350	9·09	2617	9·40	7020	9·73	2628	10·07
15 0	2·990259	9·10	3557	9·41	7993	9·73	3635	10·08
16 40	1169	9·11	4498	9·41	8966	9·74	4643	10·08
18 20	2080		5439		3·059940		5651	
		9·12		9·43		9·76		10·10
20 0	2·992992	9·12	3·026382	9·44	3·060916	9·76	3·096661	10·11
21 40	3904	9·14	7326	9·44	1892	9·77	7672	10·12
23 20	4818	9·14	8270	9·45	2869	9·78	8684	10·13
25 0	5732	9·15	3·029215	9·46	3847	9·79	3·099697	10·14
26 40	6647	9·16	3·030161	9·47	4826	9·80	3·100711	10·15
28 20	7563		1108		5806		1726	
		9·17		9·48		9·81		10·16
30 0	2·998480	9·18	3·032056	9·49	3·066787	9·82	3·102742	10·17
31 40	2·999398	9·18	3005	9·50	7769	9·83	3759	10·18
33 20	3·000316	9·20	3955	9·51	8752	9·84	4777	10·19
35 0	1236	9·20	4906	9·51	3·069736	9·84	5796	10·20
36 40	2156	9·21	5857	9·53	3·070720	9·86	6816	10·21
38 20	3077		6810		1706		7837	
		9·22		9·53		9·87		10·22
40 0	3·003999	9·23	3·037763	9·54	3·072693	9·87	3·108859	10·23
41 40	4922	9·23	8717	9·55	3680	9·89	3·109882	10·24
43 20	5845	9·25	3·039672	9·56	4669	9·89	3·110906	10·25
45 0	6770	9·25	3·040628	9·57	5658	9·91	1931	10·26
46 40	7695	9·26	1585	9·58	6649	9·91	2957	10·27
48 20	8621		2543		7640		3984	
		9·27		9·59		9·93		10·28
50 0	3·009548	9·28	3·043502	9·59	3·078633	9·93	3·115012	10·29
51 40	3·010476	9·29	4461	9·61	3·079626	9·94	6041	10·30
53 20	1405	9·29	5422	9·61	3·080620	9·95	7071	10·31
55 0	2334	9·31	6383	9·63	1615	9·97	8102	10·32
56 40	3265	9·31	7346	9·63	2612	9·97	3·119134	10·34
58 20	4196		8309		3609		3·120168	
		9·32		9·64		9·98		10·34
60 0	3·015128		3·049273		3·084607		3·121202	

Proportional-theile

	950	960	970
1	9·5	9·6	9·7
2	19·0	19·2	19·4
3	28·5	28·8	29·1
4	38·0	38·4	38·8
5	47·5	48·0	48·5
6	57·0	57·6	58·2
7	66·5	67·2	67·9
8	76·0	76·8	77·6
9	85·5	86·4	87·3

	980	990	1000
1	9·8	9·9	10·0
2	19·6	19·8	20·0
3	29·4	29·7	30·0
4	39·2	39·6	40·0
5	49·0	49·5	50·0
6	58·8	59·4	60·0
7	68·6	69·3	70·0
8	78·4	79·2	80·0
9	88·2	89·1	90·0

	1010	1020	1030
1	10·1	10·2	10·3
2	20·2	20·4	20·6
3	30·3	30·6	30·9
4	40·4	40·8	41·2
5	50·5	51·0	51·5
6	60·6	61·2	61·8
7	70·7	71·4	72·1
8	80·8	81·6	82·4
9	90·9	91·8	92·7

	1040	1050	1060
1	10·4	10·5	10·6
2	20·8	21·0	21·2
3	31·2	31·5	31·8
4	41·6	42·0	42·4
5	52·0	52·5	53·0
6	62·4	63·0	63·6
7	72·8	73·5	74·2
8	83·2	84·0	84·8
9	93·6	94·5	95·4

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ k\ t}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	148° log M	148° Diff. 1″	149° log M	149° Diff. 1″	150° log M	150° Diff. 1″	151° log M	151° Diff. 1″
0′ 0″	3·121202	10·35	3·159137	10·73	3·198498	11·15	3·239382	11·58
1 40	2237	10·36	3·160210	10·75	3·199613	11·16	3·240540	11·60
3 20	3273	10·38	1285	10·76	3·200729	11·17	1700	11·61
5 0	4311	10·38	2361	10·77	1846	11·18	2861	11·62
6 40	5349	10·40	3438	10·78	2964	11·19	4023	11·63
8 20	6389		4516		4083		5186	
		10·40		10·80		11·21		11·65
10 0	3·127429	10·42	3·165596	10·80	3·205204	11·22	3·246351	11·66
11 40	8471	10·42	6676	10·81	6326	11·23	7517	11·67
13 20	3·129513	10·44	7757	10·83	7449	11·24	8684	11·69
15 0	3·130557	10·44	8840	10·84	8573	11·25	3·249853	11·70
16 40	1601	10·46	3·169924	10·84	3·209698	11·27	3·251023	11·71
18 20	2647		3·171008		3·210825		2194	
		10·47		10·86		11·27		11·74
20 0	3·133694	10·48	3·172094	10·87	3·211952	11·29	3·253368	11·71
21 40	4742	10·48	3181	10·89	3081	11·30	4539	11·75
23 20	5790	10·50	4270	10·89	4211	11·32	5714	11·77
25 0	6840	10·51	5359	10·90	5343	11·32	6891	11·77
26 40	7891	10·52	6449	10·92	6475	11·34	8068	11·79
28 20	8943		7541		7609		3·259247	
		10·54		10·93		11·35		11·80
30 0	3·139997	10·54	3·178634	10·93	3·218744	11·36	3·260427	11·81
31 40	3·141051	10·55	3·179727	10·95	3·219880	11·37	1608	11·83
33 20	2106	10·56	3·180822	10·96	3·221017	11·39	2791	11·84
35 0	3162	10·58	1918	10·98	2156	11·40	3975	11·85
36 40	4220	10·58	3016	10·98	3296	11·41	5160	11·87
38 20	5278		4114		4437		6347	
		10·60		11·00		11·42		11·88
40 0	3·146338	10·60	3·185214	11·00	3·225579	11·43	3·267535	11·89
41 40	7398	10·62	6314	11·02	6722	11·45	8724	11·90
43 20	8460	10·63	7416	11·03	7867	11·46	3·269914	11·92
45 0	3·149523	10·64	8519	11·04	3·229013	11·47	3·271106	11·93
46 40	3·150587	10·65	3·189623	11·06	3·230160	11·48	2299	11·95
48 20	1652		3·190729		1308		3494	
		10·66		11·06		11·50		11·95
50 0	3·152718	10·67	3·191835	11·08	3·232458	11·51	3·274689	11·98
51 40	3785	10·68	2943	11·09	3609	11·52	5887	11·98
53 20	4853	10·69	4052	11·10	4761	11·53	7085	12·00
55 0	5922	10·71	5162	11·11	5914	11·56	8285	12·01
56 40	6993	10·71	6273	11·12	7070	11·55	3·279486	12·02
58 20	8064		7385		8225		3·280688	
		10·73		11·13		11·57		12·04
60 0	3·159137		3·198498		2·239382		3·281892	

Proportionaltheile

	1070	1080	1090
1	10·7	10·8	10·9
2	21·4	21·6	21·8
3	32·1	32·4	32·7
4	42·8	43·2	43·6
5	53·5	54·0	54·5
6	64·2	64·8	65·4
7	74·9	75·6	76·3
8	85·6	86·4	87·2
9	96·3	97·2	98·1

	1100	1110	1120
1	11·0	11·1	11·2
2	22·0	22·2	22·4
3	33·0	33·3	33·6
4	44·0	44·4	44·8
5	55·0	55·5	56·0
6	66·0	66·6	67·2
7	77·0	77·7	78·4
8	88·0	88·8	89·6
9	99·0	99·9	100·8

	1130	1140	1150
1	11·3	11·4	11·5
2	22·6	22·8	23·0
3	33·9	34·2	34·5
4	45·2	45·6	46·0
5	56·5	57·0	57·5
6	67·8	68·4	69·0
7	79·1	79·8	80·5
8	90·4	91·2	92·0
9	101·7	102·6	103·5

	1160	1170	1180
1	11·6	11·7	11·8
2	23·2	23·4	23·6
3	34·8	35·1	35·4
4	46·4	46·8	47·2
5	58·0	58·5	59·0
6	69·6	70·2	70·8
7	81·2	81·9	82·6
8	92·8	93·6	94·4
9	104·4	105·3	106·2

Tafel für $\log M = \log \frac{75\,kt}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	152° log M	Diff. 1″	153° log M	Diff. 1″	154° log M	Diff. 1″	155° log M	Diff. 1″
0′ 0″	3·281892	12·05	3·326145	12·55	3·372268	13·10	3·420406	13·68
1 40	3097	12·07	7400	12·57	3578	13·11	1774	13·69
3 20	4304	12·08	8657	12·58	4889	13·12	3143	13·71
5 0	5512	12·09	3·329915	12·60	6201	13·14	4514	13·72
6 40	6721	12·10	3·331175	12·61	7515	13·15	5886	13·74
8 20	7931		2436		3·378830		7260	
		12·12		12·62		13·17		13·76
10 0	3·289143	12·14	3·333698	12·65	3·380147	13·19	3·428636	13·78
11 40	3·290357	12·14	4963	12·65	1466	13·20	3·430014	13·79
13 20	1571	12·16	6228	12·67	2786	13·22	1393	13·81
15 0	2787	12·18	7495	12·68	4108	13·24	2774	13·83
16 40	4005	12·18	3·338763	12·70	5432	13·25	4157	13·84
18 20	5223		3·340033		6757		5541	
		12·20		12·72		13·26		13·86
20 0	3·296443	12·22	3·341305	12·73	3·388083	13·28	3·436927	13·88
21 40	7665	12·23	2578	12·74	3·389411	13·30	8315	13·90
23 20	3·298888	12·24	3852	12·76	3·390741	13·31	3·439705	13·91
25 0	3·300112	12·26	5128	12·77	2072	13·33	3·441096	13·93
26 40	1338	12·27	6405	12·79	3405	13·35	2489	13·95
28 20	2565		7684		4740		3884	
		12·28		12·80		13·36		13·96
30 0	3·303793	12·30	3·348964	12·82	3·396076	13·38	3·445280	13·98
31 40	5023	12·31	3·350246	12·83	7414	13·39	6678	14·00
33 20	6254	12·33	1529	12·85	3·398753	13·41	8078	14·02
35 0	7487	12·34	2814	12.86	3·400091	13·43	3·449480	14·04
36 40	8721	12·35	4100	12·88	1437	13·44	3·450884	14·05
38 20	3·309956		5388		2781		2289	
		12·37		12·89		13·46		14·07
40 0	3·311193	12·38	3·356677	12·91	3·404127	13·48	3·453696	14·09
41 40	2431	12·39	7968	12·93	5475	13·49	5105	14·10
43 20	3670	12·42	3·359261	12·94	6824	13·51	6515	14·13
45 0	4912	12·42	3·360555	12·95	8175	13·52	7928	14·14
46 40	6154	12·44	1850	12·97	3·409527	13·54	3·459342	14·16
48 20	7398		3147		3·410881		3·460758	
		12·45		12·98		13·56		14·17
50 0	3·318643	12·47	3·364445	13·00	3·412237	13·57	3·462175	14·20
51 40	3·319890	12·48	5745	13·02	3594	13·59	3595	14·21
53 20	3·321138	12·49	7047	13·03	4953	13·61	5016	14·23
55 0	2387	12·51	8350	13·05	6314	13·63	6439	14·25
56 40	3638	12·53	3·369655	13·06	7677	13·64	7864	14·27
68 20	4891		3·370961		3·419041		8·469291	
		12·54		13·07		13·65		14·28
60 0	3·326145		3·372268		3·420406		3·470719	

Tafel für $\log M = \log \frac{75\,kt}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	156° *log M*	156° Diff. 1"	157° *log M*	157° Diff. 1"	158° *log M*	158° Diff. 1"	159° *log M*	159° Diff. 1"
0′ 0″	3·470719	14·31	3·523388	14·98	3·578615	15·73	3·636635	16·54
1 40	2150	14·32	4886	15·01	3·580188	15·75	8289	16·57
3 20	3582	14·34	6387	15·02	1763	15·77	3·639946	16·58
5 0	5016	14·35	7889	15·05	3340	15·80	3·641604	16·61
6 40	6451	14·38	3·529394	15·06	4920	15·81	3265	16·64
8 20	7889	14·40	3·530900	15·09	6501	15·84	4929	16·66
10 0	3·479329	14·41	3·532409	15·10	3·588085	15·86	3·646595	16·68
11 40	3·480770	14·43	3919	15·12	3·589671	15·88	8263	16·71
13 20	2213	14·45	5431	15·15	3·591259	15·90	3·649934	16·73
15 0	3658	14·47	6946	15·16	2849	15·92	3·651607	16·75
16 40	5105	14·49	8462	15·19	4441	15·95	3282	16·78
18 20	6554	14·50	3·539981	15·21	6036	15·97	4960	16·80
20 0	3·488004	14·53	3·541502	15·22	3·597633	15·99	3·656640	16·83
21 40	3·489457	14·55	3024	15·25	3·599232	16·01	3·658323	16·85
23 20	3·490912	14·55	4549	15·26	3·600833	16·04	3·660008	16·88
25 0	2367	14·58	6075	15·29	2437	16·05	1696	16·90
26 40	3825	14·60	7604	15·31	4042	16·08	3386	16·93
28 20	5285	14·62	3·549135	15·33	5650	16·11	5079	16·95
30 0	3·496747	14·64	3·550668	15·35	3·607261	16·12	3·666774	16·97
31 40	8211	14·65	2203	15·37	3·608873	16·15	3·668471	17·00
33 20	3·499676	14·68	3740	15·39	3·610488	16·17	3·670171	17·02
35 0	3·501144	14·69	5279	15·41	2105	16·19	1873	17·05
36 40	2613	14·71	6820	15·43	3724	16·22	3578	17·08
38 20	4084	14·74	8363	15·45	5346	16·23	5286	17·10
40 0	3·505558	14·75	3·559908	15·47	3·616969	16·26	3·676996	17·12
41 40	7033	14·77	3·561455	15·50	3·618595	16·29	3·678708	17·15
43 20	8510	14·79	3005	15·51	3·620224	16·31	3·680423	17·18
45 0	3·509989	14·81	4556	15·54	1855	16·33	2141	17·20
46 40	3·511470	14·83	6110	15·56	3488	16·35	3861	17·22
48 20	2953	14·85	7666	15·58	5123	16·37	5583	17·25
50 0	3·514438	14·86	3·569224	15·60	3·626760	16·40	3·687308	17·28
51 40	5924	14·89	3·570784	15·62	3·628400	16·43	3·689036	17·30
53 20	7413	14·91	2346	15·64	3·630043	16·44	3·690766	17·33
55 0	3·518904	14·92	3910	15·66	1687	16·47	2499	17·35
56 40	3·520396	14·95	5476	15·69	3334	16·50	4234	17·38
58 20	1891	14·97	7045	15·70	4984	16·51	5972	17·41
60 0	3·523388		3·578615		3·636635		3·697713	

Tafel für $\log M = \log \frac{75\,kt}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	160° log M	Diff. 1″	161° log M	Diff. 1″	162° log M	Diff. 1″	163° log M	Diff. 1″
0′ 0″	3·697713		3·762154		3·830315		3·902611	
		17·43		18·41		19·50		20·72
1 40	3·699456		3995		2265		4683	
		17·45		18·45		19·54		20·75
3 20	3·701201		5840		4219		6758	
		17·49		18·47		19·56		20·79
5 0	2950		7687		6175		3·908837	
		17·51		18·50		19·60		20·82
6 40	4701		3·769537		3·838135		3·910919	
		17·53		18·53		19·63		20·87
8 20	6454		3·771390		3·840098		3006	
		17·56		18·55		19·67		20·89
10 0	3·708210		3·773245		3·842065		3·915095	
		17·59		18·59		19·69		20·94
11 40	3·709969		5104		4034		7189	
		17·62		18·62		19·73		20·97
13 20	3·711731		6966		6007		3·919286	
		17·64		18·64		19·76		21·01
15 0	3495		3·778830		7983		3·921387	
		17·66		18·68		19·80		21·04
16 40	5261		3·780698		3·849963		3491	
		17·70		18·70		19·82		21·08
18 20	7031		2568		3·851945		5599	
		17·72		18·74		19·86		21·12
20 0	3·718803		3·784442		3·853931		3·927711	
		17·75		18·76		19·90		21·15
21 40	3·720578		6318		5921		3·929826	
		17·77		18·80		19·92		21·19
23 20	2355		3·788198		7913		3·931945	
		17·80		18·82		19·96		21·23
25 0	4135		3·790080		3·859909		4068	
		17·83		18·85		20·00		21·27
26 40	5918		1965		3·861909		6195	
		17·86		18·89		20·02		21·30
28 20	7704		3854		3911		3·938325	
		17·88		18·91		20·06		21·35
30 0	3·729492		3·795745		3·865917		3·940460	
		17·91		18·94		20·09		21·37
31 40	3·731283		7639		7926		2597	
		17·94		18·98		20·13		21·42
33 20	3077		3·799537		3·869939		4739	
		17·96		19·00		20·16		21·46
35 0	4873		3·801437		3·871955		6885	
		17·99		19·04		20·20		21·49
36 40	6672		3341		3975		3·949034	
		18·02		19·06		20·23		21·53
38 20	3·738474		5247		5998		3·951187	
		18·05		19·10		20·26		21·57
40 0	3·740279		3·807157		3·878024		3·953344	
		18·07		19·13		20·30		21·61
41 40	2086		3·809070		3·880054		5505	
		18·11		19·15		20·33		21·65
43 20	3897		3·810985		2087		7670	
		18·13		19·19		20·37		21·69
45 0	5710		2904		4124		3·959839	
		18·16		19·22		20·40		21·72
46 40	7526		4826		6164		3·962011	
		18·18		19·25		20·43		21·77
48 20	3·749344		6751		3·888207		4188	
		18·22		19·29		20·47		21·80
50 0	3·751166		3·818680		3·890254		3·966368	
		18·24		19·31		20·51		21·84
51 40	2990		3·820611		2305		3·968552	
		18·27		19·34		20·54		21·88
53 20	4817		2545		4359		3·970740	
		18·30		19·38		20·58		21·93
55 0	6647		4483		6417		2933	
		18·33		19·41		20·61		21·96
56 40	3·758480		6424		3·898478		5129	
		18·36		19·44		20·65		22·00
58 20	3·760316		3·828368		3·900543		7329	
		18·38		19·47		20·68		22·04
60 0	3·762154		3·830315		3·902611		3·979533	

Tafel für $log\ M = log \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	164° *log M*	Diff. 1″	165° *log M*	Diff 1″	166° *log M*	Diff. 1″	167° *log M*	Diff. 1″
0′ 0″	3·979533	22·08	4·061667	23·63	4·149720	25·38	4·244554	27·41
1 40	3·981741	22·12	4030	23·67	4·152258	25·44	4·247295	27·46
3 20	3953	22·17	6397	23·71	4802	25·48	4·250041	27·53
5 0	6170	22·20	4·068768	23·76	7350	25·55	2794	27·60
6 40	3·988390	22·24	4·071144	23·81	4·159905	25·59	5554	27·65
8 20	3·990614	22·29	3525	23·86	4·162464	25·65	4·258319	27·71
10 0	3·992843	22·32	4·075911	23·90	4·165029	25·70	4·261090	27·78
11 40	5075	22·37	4·078301	23·94	4·167599	25·75	3868	27·84
13 20	7312	22·41	4·080695	24·00	4·170174	25·81	6652	27·90
15 0	3·999553	22·45	3095	24·04	2755	25·86	4·269442	27·96
16 40	4·001798	22·49	5499	24·09	5341	25·92	4·272238	28·03
18 20	4047	22·53	4·087908	24·14	4·177933	25·97	5041	28·09
20 0	4·006300	22·57	4·090322	24·18	4·180530	26·02	4·277850	28·15
21 40	4·008557	22·62	2740	24·23	3132	26·08	4·280665	28·22
23 20	4·010819	22·66	5163	24·28	5740	26·14	3487	28·28
25 0	3085	22·70	4·097591	24·33	4·188354	26·19	6315	28·35
26 40	5355	22·74	4·100024	24·38	4·190973	26·25	4·289150	28·41
28 20	7629	22·79	2462	24·42	3598	26·30	4·291991	28·47
30 0	4·019908	22·83	4·104904	24·47	4·196228	26·36	4·294838	28·54
31 40	4·022191	22·87	7351	24·53	4·198864	26·41	4·297692	28·61
33 20	4478	22·91	4·109804	24·57	4·201505	26·47	4·300553	28·67
35 0	6769	22·96	4·112261	24·62	4152	26·53	3420	28·74
36 40	4·029065	23·00	4723	24·67	6805	26·59	6294	28·80
38 20	4·031365	23·04	7190	24·72	4·209464	26·64	4·309174	28·88
40 0	4·033669	23·09	4·119662	24·77	4·212128	26·70	4·312062	28·93
41 40	5978	23·13	4·122139	24·82	4798	26·76	4955	29·01
43 20	4·038291	23·18	4621	24·87	4·217474	26·81	4·317856	29·07
45 0	4·040609	23·22	7108	24·92	4·220155	26·88	4·320763	29·15
46 40	2931	23·26	4·129600	24·97	2843	26·93	3678	29·20
48 20	5257	23·31	4·132097	25·02	5536	26·99	6598	29·28
50 0	4·047588	23·35	4·134599	25·07	4·228235	27·05	4·329526	29·35
51 40	4·049923	23·40	7106	25·13	4·230940	27·11	4·332461	29·42
53 20	4·052263	23·44	4·139619	25·17	3651	27·16	5403	29·48
55 0	4607	23·49	4·142136	25·23	6367	27·23	4·338351	29·56
56 40	6956	23·53	4659	25·28	4·239090	27·29	4·341307	29·62
58 20	4·059309	23·58	7187	25·33	4·241819	27·35	4269	29·70
60 0	4·061667		4·149720		4·244554		4·347239	

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ k\ t}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	168° *log M*	168° Diff. 1″	169° *log M*	169° Diff. 1″	170° *log M*	170° Diff. 1″
0′ 0″	4·347239	29·77	4·459124	32·55	4·581945	35·88
1 40	4·350216	29·83	4·462379	32·63	5533	35·98
3 20	3199	29·91	5642	32·72	4·589131	36·09
5 0	6190	29·98	4·468914	32·81	4·592740	36·19
6 40	4·359188	30·06	4·472195	32·89	6359	36·29
8 20	4·362194	30·12	5484	32·97	4·599988	36·40
10 0	4·365206	30·20	4·478781	33·06	4·603628	36·50
11 40	4·368226	30·27	4·482087	33·15	4·607278	36·61
13 20	4·371253	30·35	5402	33·24	4·610939	36·72
15 0	4288	30·41	4·488726	33·32	4611	36·82
16 40	4·377329	30·49	4·492058	33·42	4·618293	36·93
18 20	4·380378	30·57	5400	33·50	4·621986	37·03
20 0	4·383435	30·64	4·498750	33·59	4·625689	37·15
21 40	6499	30·72	4·502109	33·68	4·629404	37·25
23 20	4·389571	30·79	5477	33·77	4·633129	37·37
25 0	4·392650	30·87	4·508854	33·86	4·636866	37·47
26 40	5737	30·95	4·512240	33·96	4·640613	37·59
28 20	4·398832	31·02	5636	34·04	4372	37·69
30 0	4·401934	31·09	4·519040	34·14	4·648141	37·81
31 40	5043	31·18	4·522454	34·23	4·651922	37·93
33 20	4·408161	31·25	5877	34·32	5715	38·03
35 0	4·411286	31·33	4·529309	34·42	4·659518	38·15
36 40	4419	31·41	4·532751	34·51	4·663333	38·27
38 20	4·417560	31·49	6202	34·60	4·667160	38·38
40 0	4·420709	31·57	4·539662	34·70	4·670998	38·50
41 40	3866	31·65	4·543132	34·80	4848	38·61
43 20	4·427031	31·72	4·546612	34·89	4·678709	38·74
45 0	4·430203	31·81	1·550101	34·99	4·682583	38·85
46 40	3384	31·89	3600	35·08	4·686468	38·97
48 20	6573	31·97	4·557108	35·18	4·690365	39·09
50 0	4·439770	32·05	4·560626	35·29	4·694274	39·21
51 40	4·442975	32·13	4155	35·38	4·698195	39·33
53 20	6188	32·22	4·567693	35·48	4·702128	39·45
55 0	4·449410	32·30	4·571241	35·58	4·706073	39·58
56 40	4·452640	32·38	4799	35·68	4·710031	39·70
58 20	5878	32·46	4·578367	35·78	4001	39·83
60 0	4·459124		4·581945		4·717984	

Tafel für $log\ M = log \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	171° 0′ — 15′			171° 15′ — 30′			171° 30′ — 45′			171° 45′ — 60′		
v''	v'	log M	Diff. 1″	v'	log M	Diff. 1″	v'	log M	Diff. 1″	v'	log M	Diff. 1″
0″	0′	4·717984	39·9	15′	4·754398	41·1	30′	4·791885	42·3	45′	4·830507	43·6
20		8782	39·9		5219	41·1		2730	42·4		1378	43·7
40		4·719580	40·0		6041	41·1		3577	42·3		2251	43·6
0	1	4·720379	40·0	16	6863	41·2	31	4423	42·4	46	3123	43·7
20		1179	40·0		7686	41·2		5270	42·5		3997	43·7
40		1979	40·0		8509	41·2		6119	42·4		4871	43·8
0	2	2779	40·1	17	4·759333	41·3	32	6967	42·5	47	5746	43·8
20		3580	40·1		4·760158	41·2		7816	42·5		6621	43·8
40		4382	40·1		0982	41·3		8666	42·5		7497	43·8
0	3	4·725184	40·1	18	4·761808	41·3	33	4·799516	42·6	48	4·838373	43·9
20		5986	40·2		2634	41·3		4·800367	42·6		4·839250	43·9
40		6789	40·2		3460	41·4		1218	42·6		4·840128	43·9
0	4	7593	40·2	19	4287	41·4	34	2070	42·6	49	1006	44·0
20		8397	40·2		5115	41·4		2922	42·7		1885	44·0
40		4·729201	40·3		5943	41·5		3776	42·7		2765	44·0
0	5	4·730006	40·3	20	6772	41·5	35	4629	42·7	50	3645	44·0
20		0812	40·3		7601	41·5		5483	42·8		4525	44·1
40		1618	40·4		8431	41·5		6338	42·8		5407	44·1
0	6	4·732425	40·4	21	4·769261	41·6	36	4·807193	42·8	51	4·846289	44·1
20		3232	40·4		4·770092	41·6		8049	42·8		7171	44·2
40		4039	40·4		0923	41·6		8905	42·9		8054	44·2
0	7	4847	40·4	22	1755	41·6	37	4·809763	42·9	52	8938	44·2
20		5656	40·5		2587	41·7		4·810620	43·0		4·849822	44·3
40		6465	40·5		3420	41·7		1479	42·9		4·850707	44·3
0	8	7275	40·5	23	4254	41·7	38	2337	43·0	53	1593	44·3
20		8085	40·6		5088	41·7		3196	43·0		2479	44·4
40		8896	40·6		5922	41·8		4056	43·1		3366	44·4
0	9	4·739707	40·6	24	4·776757	41·8	39	4·814917	43·1	54	4·854253	44·4
20		4·740519	40·6		7593	41·9		5778	43·1		5141	44·5
40		1331	40·7		8430	41·9		6640	43·1		6030	44·5
0	10	2144	40·7	25	4·779267	41·9	40	7502	43·2	55	6919	44·5
20		2957	40·7		4·780104	41·9		8365	43·2		7809	44·5
40		3771	40·7		0941	42·0		4·819229	43·2		8699	44·6
0	11	4585	40·8	26	1780	42·0	41	4·820093	43·2	56	4·859591	44·6
20		5400	40·8		2619	42·0		0957	43·3		4·860483	44·6
40		6216	40·8		3458	42·1		1822	43·3		1375	44·7
0	12	4·747032	40·8	27	4·784299	42·0	42	4·822688	43·3	57	4·862268	44·7
20		7848	40·9		5139	42·1		3554	43·4		3161	44·8
40		8665	40·9		5980	42·1		4421	43·4		4056	44·8
0	13	4·749482	40·9	28	6822	42·1	43	5289	43·4	58	4951	44·8
20		4·750300	40·9		7664	42·2		6157	43·4		5846	44·9
40		1118	41·0		8508	42·2		7025	43·5		6743	44·8
0	14	1937	41·0	29	4·789351	42·2	44	7895	43·5	59	7639	44·9
20		2757	41·1		4·790195	42·3		8765	43·6		8537	44·9
40		3577	41·0		1040	42·3		4·829636	43·6		4·869434	4·50
0	15	4·754398		30	4·791885		45	4·830507		60	4·870333	

Tafel für $\log M = \log \frac{75\,k\,t}{\sqrt{2\,q^3}}$

v	172° 0′ — 15′			172° 15′ — 30′			172° 30′ — 45′			172° 45′ — 60′		
v''	v'	*log M*	Diff. 1″	v'	*log M*	Diff. 1″	v'	*log M*	Diff. 1″	v'	*log M*	Diff. 1″
0″	0′	4·870333	45·0	15′	4·911441	46·5	30′	4·953913	48·0	45	4·997842	49·7
20		1233	45·0		2370	46·5		4873	48·1		8835	49·8
40		2133	45·0		3299	46·5		5834	48·1		4·999830	49·7
0	1	3033	45·1	16	4229	46·6	31	6795	48·2	46	5·000824	49·8
20		3934	45·1		5160	46·6		7758	48·2		1820	49·9
40		4836	45·2		6091	46·6		8721	48·2		2817	49·9
0	2	5739	45·2	17	7023	46·7	32	4·959684	48·2	47	3814	50·0
20		6642	45·2		7956	46·7		4·960648	48·3		4813	50·0
40		4·877546			4·918889			1613			5·005812	
			45·2			46·8			48·3			50·0
0	3	4·878450	45·3	18	4·919824	46·7	33	4·962579	48·4	48	5·006811	50·1
20		4·879355	45·3		4·920758	46·8		3546	48·4		7812	50·1
40		4·880261	45·3		1694	46·8		4513	48·4		8813	50·1
0	4	1167	45·4	19	2630	46·9	34	5481	48·5	49	5·009815	50·2
20		2074	45·4		3567	46·9		6450	48·5		5·010818	50·2
40		2981	45·5		4504	47·0		7419	48·5		1821	50·3
0	5	3890	45·5	20	5443	46·9	35	8389	48·6	50	2826	50·3
20		4799	45·5		6381	47·0		4·969360	48·6		3831	50·3
40		4·885708			4·927321			4·970332			5·014837	
			45·5			47·0			48·6			50·4
0	6	4·886618	45·6	21	4·928261	47·1	36	4·971304	48·7	51	5·015844	50·4
20		7529	45·6		4·929202	47·1		2277	48·7		6851	50·5
40		8441	45·6		4·930144	47·1		3251	48·8		7859	50·5
0	7	4·889353	45·6	22	1086	47·2	37	4226	48·8	52	8869	50·5
20		4·890265	45·7		2029	47·2		5201	48·9		5·019879	50·5
40		1179	45·7		2973	47·2		6177	48·8		5·020889	50·6
0	8	2093	45·8	23	3917	47·3	38	7154	48·9	53	1901	50·6
20		3008	45·8		4863	47·3		8132	48·9		2913	50·7
40		4·893923			4·935808			4·979110			5·023926	
			45·8			47·4			49·0			50·7
0	9	4·894839	45·9	24	4·936755	47·4	39	4·980089	49·0	54	5·024940	50·8
20		5756	45·9		6702	47·4		1069	49·1		5955	50·8
40		6673	45·9		8650	47·5		2050	49·1		6970	50·8
0	10	7591	45·9	25	4·939599	47·5	40	3031	49·1	55	7986	50·9
20		8510	46·0		4·940548	47·5		4013	49·2		5·029004	50·9
40		4·899429	46·0		1498	47·6		4996	49·2		5·030022	50·9
0	11	4·900349	46·1	26	2449	47·6	41	5980	49·2	56	1040	51·0
20		1270	46·1		3400	47·7		6964	49·3		2060	51·0
40		4·902191			4·944353			4·987949			5·033080	
			46·1			47·6			49·3			51·1
0	12	4·903113	46·2	27	4·945305	47·7	42	4·988935	49·4	57	5·034101	51·1
20		4036	46·2		6259	47·7		4·989922	49·4		5123	51·2
40		4959	46·2		7213	47·8		4·990909	49·4		6146	51·2
0	13	5883	46·3	28	8168	47·8	43	1897	49·5	58	7170	51·2
20		6808	46·3		4·949124	47·8		2886	49·5		8194	51·3
40		7733	46·3		4·950080	47·9		3876	49·5		5·039219	51·3
0	14	8659	46·4	29	1037	47·9	44	4866	49·6	59	5·040245	51·4
20		4·909586	46·4		1994	48·0		5857	49·6		1272	51·4
40		4·910513			4·952953			4·996849			5·042300	
			46·4			48·0			49·7			51·5
0	15	4·911441		30	4·953913		45	4·997842		60	5·043329	

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ kt}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	173° 0' — 15'			173° 15' — 30'			173° 30' — 45'			173° 45' — 60'		
v''	*v'*	*log M*	Diff. 1''	*v'*	*log M*	Diff. 1''	*v'*	*log M*	Diff. 1''	*v'*	*log M*	Diff. 1''
0''	0	5·043329	51·5	15'	5·090486	53·4	30	5·139440	55·5	45'	5·190331	57·7
20		4358	51·5		1554	53·5		5·140550	55·5		1485	57·8
40		5388	51·6		2623	53·5		1660	55·6		2640	57·9
0	1	6419	51·6	16	3692	53·6	31	2771	55·6	46	3797	57·9
20		7451	51·7		4763	53·6		3883	55·7		4954	57·9
40		8484	51·7		5834	53·7		4997	55·7		6112	58·0
0	2	5·049517	51·7	17	6907	53·7	32	6111	55·8	47	7271	58·1
20		5·050551	51·8		7980	53·7		7226	55·8		8432	58·1
40		1587	51·8		5·099054	53·8		5·148342	55·9		5·199593	58·1
0	3	5·052623	51·8	18	5·100129	53·8	33	5·149459	55·9	48	5·200755	58·2
20		3659	51·9		1205	53·9		5·150577	56·0		1919	58·2
40		4697	52·0		2282	53·9		1696	56·0		3083	58·3
0	4	5736	52·0	19	3359	54·0	34	2816	56·1	49	4249	58·4
20		6775	52·0		4438	54·0		3937	56·1		5416	58·4
40		7815	52·1		5518	54·0		5059	56·1		6583	58·5
0	5	8856	52·1	20	6598	54·1	35	6181	56·2	50	7752	58·5
20		5·059898	52·2		7679	54·2		7305	56·3		5·208922	58·6
40		5·060941	52·2		5·108762	54·2		5·158430	56·3		5·210093	58·6
0	6	5·061984	52·3	21	5·109845	54·2	36	5·159556	56·4	51	5·211265	58·7
20		3029	52·3		5·110929	54·3		5·160683	56·4		2438	58·7
40		4074	52·3		2014	54·3		1810	56·5		3612	58·8
0	7	5120	52·4	22	3100	54·4	37	2939	56·5	52	4787	58·8
20		6167	52·4		4187	54·4		4069	56·6		5963	58·9
40		7215	52·5		5274	54·5		5200	56·6		7140	59·0
0	8	8264	52·5	23	6363	54·5	38	6332	56·6	53	8319	59·0
20		5·069313	52·6		7453	54·5		7464	56·7		5·219498	59·1
40		5·070364	52·6		5·118543	54·6		5·168598	56·8		5·220679	59·1
0	9	5·071415	52·6	24	5·119634	54·7	39	5·169733	56·8	54	5·221860	59·2
20		2467	52·7		5·120727	54·7		5·170869	56·8		3043	59·2
40		3520	52·7		1820	54·7		2005	56·9		4227	59·3
0	10	4574	52·8	25	2914	54·8	40	3143	57·0	55	5412	59·3
20		5629	52·8		4010	54·8		4282	57·0		6598	59·4
40		6684	52·9		5106	54·9		5422	57·0		7785	59·4
0	11	7741	52·9	26	2203	54·9	41	6562	57·1	56	5·228973	59·5
20		8798	52·9		7301	54·9		7704	57·2		5·230162	59·5
40		5·079856	53·0		5·128399	55·0		5·178847	57·2		1352	59·6
0	12	5·080915	53·0	27	5·129499	55·1	42	5·179991	57·3	57	5·232543	59·6
20		1975	53·1		5·130600	55·1		5·181136	57·3		3736	59·7
40		3036	53·1		1702	55·1		2282	57·3		4930	59·8
0	13	4098	53·1	28	2804	55·2	43	3428	57·4	58	6125	59·8
20		5160	53·2		3908	55·3		4576	57·5		7321	59·9
40		6224	53·2		5013	55·3		5725	57·5		8518	59·9
0	14	7288	53·3	29	6118	55·4	44	9875	57·6	59	5·239716	59·9
20		8353	53·3		7225	55·4		8026	57·6		5·240915	60·0
40		6·089419	53·4		5·138332	55·4		5·189178	57·7		2115	60·1
0	15	5·090486		30	5·139440		45	5·190331		60	5·243317	

Tafel für $\log M = \log \frac{75\,kt}{\sqrt{2\,g^3}}$

v	174° 0' — 15'			174° 15' — 30'			174° 30' — 45'			174° 45' — 60'		
v''	v'	log M	Diff. 1''	v'	log M	Diff. 1''	v'	log M	Diff. 1''	v'	log M	Diff. 1''
0''	0'	5·243317	60·1	15'	5·298574	62·8	30'	5·356305	65·6	45'	5·416738	68·8
20		4519	60·2		5·299829	62·9		7617	65·7		8114	68·9
40		5723	60·2		5·301086	62·9		5·358931	65·8		5·419491	68·9
0	1	6927	60·4	16	2343	63·0	31	5·360247	65·8	46	5·420869	69·0
20		8134	60·4		3602	63·0		1563	65·9		2249	69·1
40		5·249341	60·4		4862	63·1		2881	66·0		3631	69·2
0	2	5·250549	60·5	17	6124	63·1	32	4201	66·1	47	5014	69·2
20		1758	60·6		7386	63·2		5522	66·1		6398	69·3
40		5·252969	60·6		5·308650	63·3		5·366844	66·2		5·427784	69·4
0	3	5·254180	60·7	18	5·309915	63·4	33	5·368167	66·3	48	5·429171	69·5
20		5393	60·7		5·311182	63·4		5·369492	66·4		5·430560	69·6
40		6607	60·8		2449	63·5		5·370818	66·4		1951	69·6
0	4	7822	60·8	19	3718	63·5	34	2146	66·5	49	3343	69·7
20		5·259038	60·9		4988	63·6		3475	66·5		4736	69·8
40		5·260255	61·0		6259	63·7		4805	66·6		6131	69·8
0	5	1474	61·0	20	7532	63·7	35	6136	66·7	50	7527	69·9
20		2693	61·1		5·318806	63·8		7469	66·8		5·438925	70·0
40		5·263914	61·1		5·320081	63·8		5·378804	66·8		5·440325	70 1
0	6	5·265136	61·2	21	5·321357	63·9	36	5·380140	66·9	51	5·441726	70·1
20		6359	61·3		2635	64·0		1477	66·9		3128	70·2
40		7584	61·3		3914	64·0		2815	67·0		4532	70·3
0	7	5·268809	61·4	22	5194	64·1	37	4155	67·1	52	5938	70·4
20		5·270036	61·4		6475	64·2		5497	67·1		7345	70·4
40		1263	61·5		7758	64·2		6839	67·2		5·448753	70·5
0	8	2492	61·5	23	5·329042	64·3	38	8183	67·3	53	5·450163	70·6
20		3722	61·6		5·330327	64·4		5·389529	67·4		1575	70·7
40		5·274954	61·6		1614	64·4		5·390876	67·4		5·452988	70·8
0	9	5·276186	61·7	24	5·332901	64·5	39	5·392224	67·5	54	5·454403	70·9
20		7420	61·7		4191	64·5		3574	67·6		5820	70·9
40		8654	61·8		5481	64·6		4925	67·7		7237	71·0
0	10	5·279890	61·8	25	6773	64·7	40	6278	67·7	55	5·458657	71·1
20		5·281128	61·8		8066	64·7		7632	67·8		5·460078	71·1
40		2366	62·0		5·339360	64·8		5·398987	67·9		1500	71·2
0	11	3606	62·0	26	5·340655	64·9	41	5·400344	67·9	56	2924	71·3
20		4846	62·1		1952	64·9		1702	68·0		4350	71·4
40		5·286088	62·2		5·343250	65·0		5·403062	68·1		5·465777	71·5
0	12	5·287331	62·3	27	5·344550	65·1	42	5·404423	68·2	57	5·467206	71·6
20		8576	62·3		5851	65·1		5786	68·2		5·468637	71·6
40		5·289821	62·4		7153	65·2		7150	68·3		5·470069	71·7
0	13	5·291068	62·4	28	8456	65·3	43	8515	68·4	58	1502	71·8
20		2316	62·5		5·349761	65·3		5·409882	68·4		2937	71·9
40		3565	62·5		5·351067	65·4		5·411250	68·5		4374	72·0
0	14	4815	62·6	29	2374	65·5	44	2620	68·6	59	5813	72·0
20		6067	62·7		3683	65·5		3991	68·7		7253	72·1
40		5·297320	62·7		5·354993	65·6		5·415364	68·7		5·478694	72·2
0	15	5·298574		30	5·356305		45	5·416738		60	5·480137	

Tafel für $log\ M = log\ \frac{75\ k\ t}{\sqrt{2\ q^3}}$

v	175° 0′ — 15′			175° 15′ — 30′			175° 30′ — 45′			175° 45′ — 60′		
v″	v′	log M	Diff. 1″	v′	log M	Diff. 1″	v′	log M	Diff. 1″	v′	log M	Diff. 1″
0″	0′	5·480137	72·3	15′	5·546806	76·1	30′	5·617097	80·3	45′	5·691424	85·1
20		1582	72·4		8327	76·2		5·618703	80·4		3125	85·2
40		3029	72·4		5·549850	76·3		5·620311	80·6		4828	85·3
0	1	4477	72·5	16	5·551375	76·4	31	1922	80·6	46	6534	85·4
20		5926	72·6		2902	76·4		3534	80·7		8242	85·5
40		7377	72·7		4430	76·6		5148	80·8		5·699952	85·6
0	2	5·488830	72·8	17	5961	76·6	32	6764	81·0	47	5·701664	85·8
20		5·490285	72·8		7493	76·7		5·628383	81·0		3379	85·9
40		1741	72·9		5·559026	76·8		5·630003	81·1		5·705096	86·0
0	3	5·493199	73·0	18	5·560562	76·9	33	5·631625	81·2	48	5·706815	86·1
20		4658	73·1		2100	77·0		3249	81·4		5·708536	86·2
40		6119	73·1		3639	77·1		4876	81·4		5·710260	86·3
0	4	7582	73·2	19	5180	77·2	34	6504	81·6	49	1986	86·4
20		5·499046	73·4		6723	77·3		8135	81·6		3714	86·6
40		5·500513	73·4		8268	77·4		5·639767	81·8		5445	86·7
0	5	1981	73·5	20	5·569815	77·4	35	5·641402	81·8	50	7178	86·8
20		3450	73·6		5·571363	77·6		3038	82·0		5·718913	86·9
40		5·504921	73·7		2914	77·6		5·644677	82·1		5·720651	87·0
0	6	5·506394	73·7	21	5·574466	77·7	36	5·646318	82·2	51	5·722391	87·1
20		7868	73·9		6020	77·8		7961	82·3		4133	87·3
40		5·509345	73·9		7576	77·9		5·649606	82·4		5878	87·4
0	7	5·510822	74·0	22	5·579134	78·0	37	5·651253	82·5	52	7625	87·5
20		2302	74·1		5·580694	78·1		2902	82·6		5·729374	87·6
40		3783	74·2		2256	78·2		4553	82·7		5·731126	87·7
0	8	5266	74·3	23	3819	78·3	38	6207	82·8	53	2880	87·8
20		6751	74·3		5385	78·4		7862	82·9		4636	88·0
40		5·518237	74·4		5·586952	78·5		5·659520	83·0		5·736395	88·1
0	9	5·519725	74·5	24	5·588521	78·6	39	5·661179	83·1	54	5·738156	88·2
20		5·521215	74·6		5·590092	78·7		2841	83·2		5·739920	88·3
40		2706	74·7		1665	78·8		4505	83·3		5·741686	88·4
0	10	4199	74·8	25	3240	78·9	40	6171	83·5	55	3454	88·6
20		5694	74·9		4817	79·0		7840	83·5		5225	88·7
40		7191	74·9		6396	79·0		5·669510	83·7		6999	88·8
0	11	5·528689	75·0	26	7976	79·2	41	5·671183	83·7	56	5·748774	88·9
20		5·530189	75·1		5·599559	79·3		2857	83·9		5·750552	89·1
40		1691	75·2		5·601144	79·3		5·674534	84·0		2333	89·2
0	12	5·533195	75·3	27	5·602730	79·5	42	5·676213	84·1	57	5·754116	89·3
20		4700	75·4		4319	79·5		7895	84·2		5901	89·4
40		6207	75·5		5909	79·6		5·679578	84·3		7689	89·6
0	13	7716	75·5	28	7502	79·8	43	5·681264	84·4	58	5·759480	89·7
20		5·539226	75·7		5·609096	79·8		2951	84·5		5·761273	89·8
40		5·540739	75·7		5·610692	79·9		4641	84·7		3068	89·9
0	14	2253	75·8	29	2290	80·1	44	6334	84·7	59	4866	90·0
20		3769	75·9		3891	80·1		8028	84·9		6666	90·2
40		5·545287	76·0		5·615493	80·2		5·689725	85·0		5·768469	90·3
0	15	5·546806		30	5·617097		45	5·691424		60	5·770275	

Tafel zur Berechnung der wahren Anomalie, wenn sie sich 180° nähert.

$$\sin w = \sqrt[3]{\frac{200}{M}}; \quad v = w + \delta$$

w	δ	Diff.	w	δ	Diff.	w	δ	Diff.	w	δ	Diff.
155° 0′	3′ 23″·09	3″·35	159° 0′	1′ 25″·10	1″·67	163° 0′	0′ 29″·62	0″·72	167° 0′	0′ 7″·75	0″·48
5	19·74	3·31	5	23·43	1·65	5	28·90	0·70	10	7·27	0·46
10	16·43	3·26	10	21·78	1·62	10	28·20	0·69	20	6·81	0·44
15	13·17	3·22	15	20·16	1·59	15	27·51	0·68	30	6·37	0·41
20	9·95	3·18	20	18·57	1·57	20	26·83	0·67	40	5·96	0·39
25	6·77	3·14	25	17·00	1·55	25	26·16	0·65	50	5·57	0·37
30	3·63	3·09	30	15·45	1·52	30	25·51	0·63	168 0	0 5·20	0·36
35	3 0·54	3·05	35	13·93	1·49	35	24·88	0·63	10	4·84	0·33
40	2 57·49	3·01	40	12·44	1·47	40	24·25	0·61	20	4·51	0·31
45	54·48	2·97	45	10·97	1·44	45	23·64	0·60	30	4·20	0·30
50	51·51	2·93	50	9·53	1·43	50	23·04	0·59	40	3·90	0·28
55	48·58	2·89	55	8·10	1·40	55	22·45	0·57	50	3·62	0·26
156 0	2 45·69	2·85	160 0	1 6·70	1·37	164 0	0 21·88	0·57	169 0	0 3·36	0·25
5	42·84	2·81	5	5·33	1·36	5	21·31	0·55	10	3·11	0·23
10	40·03	2·77	10	3·97	1·33	10	20·76	0·54	20	2·88	0·22
15	37·26	2·73	15	2·64	1·31	15	20·22	0·53	30	2·66	0·20
20	34·53	2·70	20	1·33	1·29	20	19·69	0·51	40	2·46	0·19
25	31·83	2·66	25	1 0·04	1·26	25	19·18	0·51	50	2·27	0·18
30	29·17	2·62	30	0 58·78	1·24	30	18·67	0·50	170 0	0 2·09	0·17
35	26·55	2·58	35	57·54	1·23	35	18·17	0·48	10	1·92	0·16
40	23·97	2·54	40	56·31	1·20	40	17·69	0·48	20	1·76	0·14
45	21·43	2·51	45	55·11	1·18	45	17·21	0·46	30	1·62	0·14
50	18·92	2·48	50	53·93	1·16	50	16·75	0·46	40	1·48	0·13
55	16·44	2·44	55	52·77	1·14	55	16·29	0·44	50	1·35	0·12
157 0	2 14·00	2·41	161 0	0 51·63	1·13	165 0	0 15·85	0·44	171 0	0 1·23	0·11
5	11·59	2·37	5	50·50	1·10	5	15·41	0·43	10	1·12	0·10
10	9·22	2·33	10	49·40	1·08	10	14·98	0·41	20	1·02	0·09
15	6·89	2·31	15	48·32	1·06	15	14·57	0·41	30	0·93	0·09
20	4·58	2·27	20	47·26	1·05	20	14·16	0·40	40	0·84	0·08
25	2·31	2·23	25	46·21	1·02	25	13·76	0·38	50	0·76	0·08
30	2 0·08	2·19	30	45·19	1·01	30	13·38	0·38	172 0	0 0·68	0·07
35	1 57·89	2·17	35	44·18	0·99	35	13·00	0·37	10	0·61	0·06
40	55·72	2·15	40	43·19	0·97	40	12·63	0·37	20	0·55	0·06
45	53·57	2·11	45	42·22	0·96	45	12·26	0·35	30	0·49	0·05
50	51·46	2·07	50	41·26	0·93	50	11·91	0·35	40	0·44	0·05
55	49·39	2·04	55	40·33	0·92	55	11·56	0·34	50	0·39	0·04
158 0	1 47·35	2·01	162 0	0 39·41	0·90	166 0	0 11·22	0·33	173 0	0 0·35	0·04
5	45·34	1·99	5	38·51	0·89	5	10·89	0·32	10	0·31	0·04
10	43·35	1·96	10	37·62	0·87	10	10·57	0·31	20	0·27	0·03
15	41·39	1·92	15	36·75	0·85	15	10·26	0·31	30	0·24	0·03
20	39·47	1·90	20	35·90	0·84	20	9·95	0·30	40	0·21	0·02
25	37·57	1·87	25	35·06	0·82	25	9·65	0·29	50	0·19	0·03
30	35·70	1·83	30	34·24	0·81	30	9·36	0·28	174 0	0 0·16	
35	33·87	1·81	35	33·43	0·79	35	9·08	0·28	175 0	0 0·07	
40	32·06	1·78	40	32·64	0·78	40	8·80	0·27	176 0	0 0·02	
45	30·28	1·76	45	31·86	0·76	45	8·53	0·27	177 0	0 0·01	
50	28·52	1·72	50	31·10	0·75	50	8·26	0·26	178 0	0 0·00	
55	26·80	1·70	55	30·35	0·73	55	8·00	0·25	179 0	0 0·00	
159 0	1 25·10		163 0	0 29·62		167 0	0 7·75		180 0	0 0·00	

Tafel II.

ENCKE's Tafel zur Auflösung der LAMBERT'schen Gleichung.

Vergl. Bd. I, pag. 504, 557.

log μ in Einheiten der 7. Decimale.

η	*log* μ	η	*log* μ	Diff.	η	*log* μ	Diff.	η	*log* μ	Diff.
0·000	0	0·050	453	18	0·100	1815	37	0·150	4099	55
0·001	0	0·051	471	19	0·101	1852	37	0·151	4154	55
0·002	1	0·052	490	19	0·102	1889	37	0·152	4209	56
0·003	2	0·053	509	19	0·103	1926	38	0·153	4265	57
0·004	3	0·054	528	20	0·104	1964	38	0·154	4322	56
0·005	4	0·055	548	20	0·105	2002	38	0·155	4378	57
0·006	6	0·056	568	21	0·106	2040	39	0·156	4435	58
0·007	9	0·057	589	21	0.107	2079	39	0·157	4493	58
0·008	12	0·058	610	21	0·108	2118	40	0·158	4551	58
0·009	15	0·059	631	21	0·109	2158	40	0·159	4609	58
0·010	18	0·060	652	22	0·110	2198	40	0·160	4667	59
0·011	22	0·061	674	23	0·111	2238	41	0·161	4726	60
0·012	26	0·062	697	22	0·112	2279	41	0·162	4786	60
0·013	31	0·063	719	23	0·113	2320	41	0·163	4846	60
0·014	35	0·064	742	24	0·114	2361	42	0·164	4906	60
0·015	41	0·065	766	24	0·115	2403	42	0·165	4966	61
0·016	46	0·066	790	24	0·116	2445	42	0·166	5027	61
0·017	52	0·067	814	24	0·117	2487	43	0·167	5088	62
0·018	59	0·068	838	25	0·118	2530	43	0·168	5150	62
0·019	65	0·069	863	25	0·119	2573	44	0·169	5212	62
0·020	72	0·070	888	26	0·120	2617	44	0·170	5274	63
0·021	80	0·071	914	26	0·121	2661	44	0·171	5337	63
0·022	88	0·072	940	26	0·122	2705	45	0·172	5400	64
0·023	96	0·073	966	27	0·123	2750	45	0·173	5464	64
0·024	104	0·074	993	27	0·124	2795	45	0·174	5528	64
0·025	113	0·075	1020	27	0·125	2840	46	0·175	5592	65
0·026	122	0·076	1047	28	0·126	2886	47	0·176	5657	65
0·027	132	0·077	1075	28	0·127	2933	46	0·177	5722	65
0·028	142	0·078	1103	29	0·128	2979	47	0·178	5787	66
0·029	152	0·079	1132	29	0·129	3026	48	0·179	5853	66
0·030	163	0·080	1161	29	0·130	3074	47	0·180	5919	67
0·031	174	0·081	1190	29	0·131	3121	48	0·181	5986	67
0·032	185	0·082	1219	30	0·132	3169	49	0·182	6053	67
0·033	197	0·083	1249	31	0·133	3218	49	0·183	6120	68
0·034	209	0·084	1280	31	0·134	3267	49	0·184	6188	68
0·035	222	0·085	1311	31	0·135	3316	49	0·185	6256	68
0·036	235	0·086	1342	31	0·136	3365	50	0·186	6324	69
0·037	248	0·087	1373	32	0·137	3415	51	0·187	6393	70
0·038	262	0·088	1405	32	0·138	3466	50	0·188	6463	69
0·039	275	0·089	1437	33	0·139	3516	51	0·189	6532	70
0·040	290	0·090	1470	32	0·140	3567	52	0·190	6602	71
0·041	304	0·091	1502	33	0·141	3619	52	0·191	6673	71
0·042	320	0·092	1535	34	0·142	3671	52	0·192	6744	71
0·043	335	0·093	1569	34	0·143	3723	52	0·193	6815	72
0·044	351	0·094	1603	35	0·144	3775	53	0·194	6887	72
0·045	367	0·095	1638	35	0·145	3828	54	0·195	6959	72
0·046	383	0·096	1673	35	0·146	3882	53	0·196	7031	73
0·047	400	0·097	1708	35	0·147	3935	54	0·197	7104	73
0·048	417	0·098	1743	36	0·148	3989	55	0·198	7177	73
0·049	435	0·099	1779	36	0·149	4044	55	0·199	7250	74
0·050	453	0·100	1815		0·150	4099		0·200	7324	

Tafel zur Auflösung der Lambert'schen Gleichung.

log μ in Einheiten der 7. Decimale.

η	*log* μ	Diff.	η	*log* μ	Diff.	η	*log* μ	Diff.	η	*log* μ	Diff.
0·200	7324	75	0·250	11522	95	0·300	16733	115	0·350	23010	137
0·201	7399	74	0·251	11617	94	0·301	16848	115	0·351	23147	137
0·202	7473	75	0·252	11711	95	0·302	16963	116	0·352	23284	138
0·203	7548	76	0·253	11806	95	0·303	17079	116	0·353	23422	138
0·204	7624	76	0·254	11901	96	0·304	17195	117	0·354	23560	139
0·205	7700	76	0·255	11997	96	0·305	17312	117	0·355	23699	139
0·206	7776	77	0·256	12093	97	0·306	17429	117	0·356	23838	139
0·207	7853	77	0·257	12190	97	0·307	17546	118	0·357	23977	140
0·208	7930	77	0·258	12287	97	0·308	17664	119	0·358	24117	141
0·209	8007	78	0·259	12384	98	0·309	17783	118	0·359	24258	141
0·210	8085	78	0·260	12482	98	0·310	17901	119	0·360	24399	141
0·211	8163	79	0·261	12580	99	0·311	18020	120	0·361	24540	142
0·212	8242	79	0·262	12679	99	0·312	18140	120	0·362	24682	142
0·213	8321	79	0·263	12778	99	0·313	18260	121	0·363	24824	143
0·214	8400	80	0·264	12877	100	0·314	18381	121	0·364	24967	143
0·215	8480	80	0·265	12977	100	0·315	18502	121	0·365	25110	144
0·216	8560	81	0·266	13077	101	0·316	18623	122	0·366	25254	144
0·217	8641	81	0·267	13178	101	0·317	18745	122	0·367	25398	145
0·218	8722	81	0·268	13279	101	0·318	18867	122	0·368	25543	145
0·219	8803	82	0·269	13380	102	0·319	18989	123	0·369	25688	146
0·220	8885	82	0·270	13482	103	0·320	19112	124	0·370	25834	146
0·221	8967	82	0·271	13585	103	0·321	19236	124	0·371	25980	146
0·222	9049	83	0·272	13688	103	0·322	19360	124	0·372	26126	147
0·223	9132	84	0·273	13791	103	0·323	19484	125	0·373	26273	148
0·224	9216	84	0·274	13894	104	0·324	19609	125	0·374	26421	147
0·225	9300	84	0·275	13998	105	0·325	19734	126	0·375	26568	149
0·226	9384	84	0·276	14103	104	0·326	19860	126	0·376	26717	149
0·227	9468	85	0·277	14207	106	0·327	19986	127	0·377	26866	149
0·228	9553	85	0·278	14313	105	0·328	20113	127	0·378	27015	150
0·229	9638	86	0·279	14418	106	0·329	20240	127	0·379	27165	150
0·230	9724	86	0·280	14524	107	0·330	20367	128	0·380	27315	151
0·231	9810	87	0·281	14631	107	0·331	20495	129	0·381	27466	151
0·232	9897	87	0·282	14738	107	0·332	20624	128	0·382	27617	152
0·233	9984	87	0·283	14845	108	0·333	20752	130	0·383	27769	152
0·234	10071	88	0·284	14953	108	0·334	20882	129	0·384	27921	152
0·235	10159	88	0·285	15061	108	0·335	21011	130	0·385	28073	153
0·236	10247	88	0·286	15169	109	0·336	21141	131	0·386	28226	154
0·237	10335	89	0·287	15278	109	0·337	21272	131	0·387	28380	154
0·238	10424	89	0·288	15387	110	0·338	21403	131	0·388	28534	155
0·239	10513	90	0·289	15497	111	0·339	21534	132	0·389	28689	155
0·240	10603	90	0·290	15608	110	0·340	21666	132	0·390	28844	155
0·241	10693	91	0·291	15718	111	0·341	21798	133	0·391	28999	156
0·242	10784	91	0·292	15829	112	0·342	21931	133	0·392	29155	156
0·243	10875	91	0·293	15941	112	0·343	22064	134	0·393	29311	157
0·244	10966	92	0·294	16053	112	0·344	22198	135	0·394	29468	158
0·245	11058	92	0·295	16165	113	0·345	22333	134	0·395	29626	158
0·246	11150	92	0·296	16278	113	0·346	22467	135	0·396	29784	158
0·247	11242	93	0·297	16391	114	0·347	22602	136	0·397	29942	159
0·248	11335	94	0·298	16505	114	0·348	22738	136	0·398	30101	159
0·249	11429	93	0·299	16619	114	0·349	22874	136	0·399	30260	160
0·250	11522		0·300	16733		0·350	23010		0·400	30420	

Tafel zur Auflösung der LAMBERT'schen Gleichung.

log μ in Einheiten der 7. Decimale.

η	*log* μ	Diff.	η	*log* μ	Diff.	η	*log* μ	Diff.	η	*log* μ	Diff.
0·400	30420	160	0·430	35445	176	0·460	40932	191	0·490	46906	207
0·401	30580	161	0·431	35621	176	0·461	41123	192	0·491	47113	209
0·402	30741	162	0·432	35797	176	0·462	41315	192	0·492	47322	209
0·403	30903	161	0·433	35973	177	0·463	41507	193	0·493	47531	209
0·404	31064	162	0·434	36150	177	0·464	41700	193	0·494	47740	210
0·405	31226	163	0·435	36327	178	0·465	41893	194	0·495	47950	211
0·406	31389	163	0·436	36505	178	0·466	42087	194	0·496	48161	212
0·407	31552	164	0·437	36683	179	0·467	42281	195	0·497	48373	212
0·408	31716	165	0·438	36862	180	0·468	42476	196	0·498	48585	212
0·409	31881	164	0·439	37042	180	0·469	42672	196	0·499	48797	213
0·410	32045	165	0·440	37222	180	0·470	42868	196	0·50	49010	2163
0·411	32210	166	0·441	37402	181	0·471	43064	197	0·51	51173	2224
0·412	32376	166	0·442	37583	182	0·472	43261	198	0·52	53397	2281
0·413	32542	167	0·443	37765	182	0·473	43459	198	0·53	55681	2318
0·414	32709	168	0·444	37947	183	0·474	43657	199	0·54	58029	2412
0·415	32877	168	0·445	38130	183	0·475	43856	199	0·55	60441	2478
0·416	33045	168	0·446	38313	183	0·476	44055	200	0·56	62919	2545
0·417	33213	168	0·447	38496	184	0·477	44255	201	0·57	65464	2615
0·418	33381	169	0·448	38680	185	0·478	44456	201	0·58	68079	2686
0·419	33550	170	0·449	38865	185	0·479	44657	201	0·59	70765	2760
0·420	33720	170	0·450	39050	186	0·480	44858	202	0·60	73525	2836
0·421	33890	171	0·451	39236	186	0·481	45060	203	0·61	76361	2913
0·422	34061	171	0·452	39422	187	0·482	45263	204	0·62	79274	2994
0·423	34232	172	0·453	39609	188	0·483	45467	204	0·63	82268	3077
0·424	34404	172	0·454	39797	188	0·484	45671	204	0·64	85345	3163
0·425	34576	173	0·455	39985	188	0·485	45875	205	0·65	88508	3251
0·426	34749	174	0·456	40173	189	0·486	46080	205	0·66	91759	3344
0·427	34923	174	0·457	40362	189	0·487	46285	206	0·67	95103	3439
0·428	35097	174	0·458	40551	190	0·488	46491	207	0·68	98542	3539
0·429	35271	174	0·459	40741	191	0·489	46698	208	0·69	102081	3642
0·430	35445		0·460	40932		0·490	46906		0·70	105723	

Wenn

$$(r_1 + r_3 + s_2)^{\frac{3}{2}} - (r_1 + r_3 - s_2)^{\frac{3}{2}} = 6\,k(T_3 - T_1),$$

so wird, indem man setzt

$$\tau_2 = 2\,k(T_3 - T_1)$$

und berechnet

$$\eta = \frac{\tau_2}{(r_1 + r_3)^{\frac{3}{2}}}$$

und mit diesem Werth von η aus vorstehender Tafel *log* μ entnimmt

$$s_2 = \frac{\mu \cdot \tau_2}{(r_1 + r_3)^{\frac{1}{2}}}.$$

Tafel III.

Tafeln zur Berechnung der Parallaxe für Cometen- und Planetenbeobachtungen nach Hansen.

$$p_\alpha = \alpha - \alpha' = \frac{\pi\rho \cos\varphi' \sin t}{\Delta \cos\delta}$$

$$p_\delta = \delta - \delta' = \frac{1}{\Delta}(-\pi\rho\cos\varphi'\cos t\sin\delta + \pi\rho\sin\varphi'\cos\delta).$$

Die Tafel giebt mit dem Argument Stundenwinkel t für die bekanntesten Sternwarten

$$T_\alpha = \pi\rho\cos\varphi'\sin t$$

$$T_\delta = -\pi\rho\cos\varphi'\cos t$$

und unter dem Ortsnamen den Logarithmus von

$$T_\delta' = \pi\rho\sin\varphi'.$$

Dann ist

$$p_\alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta\cos\delta} \qquad p_\delta = \frac{1}{\Delta}(T_\delta\sin\delta + T_\delta'\cos\delta).$$

Die Sonnenparallaxe π ist zu 8''·80 angenommen.

(Vergl. Bd. I, pag. 466, wo statt der hiesigen Bezeichnungen für

$$\rho,\ t,\ \Delta,\ T_\alpha,\ T_\delta,\ T_\delta'$$

gesetzt sind

$$[\rho],\ \Theta - \alpha,\ \rho,\ A,\ D_1,\ D_2.)$$

Argument für T_α +		Albany 0·7733	Δ	Algier 0·7189	Δ	Allegheny 0·7544	Δ	Altenburg 0·8328	Δ	Ann Arbor 0·7701	Δ	Arcetri 0·7822	Δ	Argument für T_δ −	+
0h 0m	12h 0m	0″·00	28	0″·00	31	0″·00	30	0″·00	24	0″·00	29	0″·00	28	6h 0m	6h 0m
10	11 50	0·28	29	0·31	31	0·30	29	0·24	24	0·29	28	0·28	28	5 50	10
20	40	0·57	28	0·62	30	0·59	28	0·48	24	0·57	29	0·56	27	40	20
30	30	0·85	27	0·92	30	0·87	29	0·72	23	0·86	27	0·83	27	30	30
40	20	1·12	28	1·22	31	1·16	29	0·95	24	1·13	28	1·10	28	20	40
50	10	1·40	28	1·53	30	1·45	29	1·19	24	1·41	28	1·38	27	10	50
1 0	11 0	1·68	27	1·83	29	1·74	28	1·43	23	1·69	27	1·65	26	5 0	7 0
10	10 50	1·95	27	2·12	30	2·02	28	1·66	23	1·96	27	1·91	27	4 50	10
20	40	2·22	26	2·42	28	2·30	27	1·89	23	2·23	27	2·18	26	40	20
30	30	2·48	25	2·70	28	2·57	26	2·12	22	2·50	26	2·44	25	30	30
40	20	2·73	26	2·98	28	2·83	26	2·34	21	2·76	25	2·69	25	20	40
50	10	2·99	25	3·26	27	3·09	26	2·55	21	3·01	25	2·94	24	10	50
2 0	10 0	3·24	24	3·53	26	3·35	24	2·76	20	3·26	25	3·18	24	4 0	8 0
10	9 50	3·48	24	3·79	26	3·59	24	2·96	21	3·51	24	3·42	23	3 50	10
20	40	3·72	23	4·05	25	3·83	24	3·17	19	3·75	23	3·65	23	40	20
30	30	3·95	22	4·30	24	4·07	23	3·36	19	3·98	22	3·88	22	30	30
40	20	4·17	21	4·54	23	4·30	22	3·55	18	4·20	21	4·10	21	20	40
50	10	4·38	20	4·77	22	4·52	22	3·73	18	4·41	20	4·31	19	10	50
3 0	9 0	4·58	19	4·99	21	4·74	20	3·91	16	4·61	20	4·50	19	3 0	9 0
10	8 50	4·77	19	5·20	21	4·94	20	4·07	16	4·81	18	4·69	18	2 50	10
20	40	4·96	18	5·41	19	5·14	18	4·23	16	4·99	18	4·87	18	40	20
30	30	5·14	17	5·60	19	5·32	17	4·39	13	5·17	17	5·05	16	30	30
40	20	5·31	15	5·79	17	5·49	16	4·52	13	5·34	16	5·21	16	20	40
50	10	5·46	15	5·96	16	5·65	16	4·65	13	5·50	15	5·37	14	10	50
4 0	8 0	5·61	14	6·12	14	5·81	14	4·78	12	5·65	14	5·51	14	2 0	10 0
10	7 50	5·75	12	6·26	13	5·95	13	4·90	10	5·79	12	5·65	12	1 50	10
20	40	5·87	12	6·39	13	6·08	11	5·00	10	5·91	11	5·77	11	40	20
30	30	5·99	10	6·52	11	6·19	11	5·10	9	6·02	11	5·88	10	30	30
40	20	6·09	8	6·63	10	6·30	9	5·19	8	6·13	8	5·98	9	20	40
50	10	6·17	8	6·73	9	6·39	8	5·27	6	6·21	8	6·07	8	10	50
5 0	7 0	6·25	7	6·82	7	6·47	7	5·33	6	6·29	7	6·15	6	1 0	11 0
10	6 50	6·32	6	6·89	6	6·54	6	5·39	5	6·36	6	6·21	5	0 50	10
20	40	6·38	4	6·95	5	6·60	5	5·44	4	6·42	4	6·26	5	40	20
30	30	6·42	3	7·00	3	6·65	3	5·48	2	6·46	3	6·31	3	30	30
40	20	6·45	2	7·03	2	6·68	1	5·50	2	6·49	2	6·34	1	20	40
50	10	6·47	1	7·05	1	6·69	1	5·52	0	6·51	1	6·35	1	10	50
6 0	6 0	6·48		7·06		6·70		5·52		6·52		6·36		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos\delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}(T_\delta \sin\delta + T_\delta' \cos\delta).$$

Argument für T_α +		Arequipa 0·3977$_n$		Armagh 0·8525		Athen 0·7312		Bamberg 0·8260		Berlin 0·8420		Besançon 0·8083		Argument für T_δ −	Argument für T_δ +
0h 0m	12h 0m	0″·00	37	0″·00	23	0″·00	30	0″·00	25	0″·00	24	0″·00	26	6h 0m	6h 0m
10	11 50	0·37	36	0·23	22	0·30	31	0·25	25	0·24	23	0·26	26	5 50	10
20	40	0·73	37	0·45	22	0·61	30	0·50	25	0·47	23	0·52	26	40	20
30	30	1·10	37	0·67	22	0·91	29	0·79	24	0·70	23	0·78	26	30	30
40	20	1·47	36	0·89	22	1·20	30	0·99	23	0·93	23	1·04	26	20	40
50	10	1·83	36	1·11	22	1·50	30	1·22	24	1·16	23	1·30	25	10	50
1 0	11 0	2·19	35	1·33	21	1·80	29	1·46	24	1·39	22	1·55	25	5 0	7 0
10	10 50	2·54	35	1·54	22	2·09	29	1·70	24	1·61	23	1·80	25	4 50	10
20	40	2·89	34	1·76	21	2·38	28	1·94	23	1·84	22	2·05	24	40	20
30	30	3·23	34	1·97	20	2·66	27	2·17	23	2·06	21	2·29	24	30	30
40	20	3·57	33	2·17	20	2·93	27	2·40	22	2·27	21	2·53	23	20	40
50	10	3·90	32	2·37	20	3·20	27	2·62	21	2·48	20	2·76	23	10	50
2 0	10 0	4·22	32	2·57	19	3·47	26	2·83	22	2·68	20	2·99	22	4 0	8 0
10	9 50	4·54	30	2·76	18	3·73	25	3·05	21	2·88	20	3·21	22	3 50	10
20	40	4·84	30	2·94	18	3·98	25	3·26	20	3·08	19	3·43	21	40	20
30	30	5·14	29	3·12	18	4·23	23	3·46	19	3·27	18	3·64	21	30	30
40	20	5·43	28	3·30	17	4·46	23	3·65	19	3·45	18	3·85	19	20	40
50	10	5·71	26	3·47	16	4·69	22	3·84	18	3·63	17	4·04	19	10	50
3 0	9 0	5·97	26	3·63	16	4·91	21	4·02	17	3·80	16	4·23	18	3 0	9 0
10	8 50	6·23	24	3·79	15	5·12	20	4·19	17	3·96	15	4·41	17	2 50	10
20	40	6·47	23	3·94	14	5·32	19	4·36	15	4·11	15	4·58	17	40	20
30	30	6·70	22	4·08	13	5·51	18	4·51	14	4·26	14	4·75	15	30	30
40	20	6·92	21	4·21	13	5·69	17	4·65	13	4·40	12	4·90	15	20	40
50	10	7·13	19	4·34	11	5·86	16	4·78	13	4·52	12	5·05	13	10	50
4 0	8 0	7·32	18	4·45	10	6·02	14	4·91	12	4·64	12	5·18	12	2 0	10 0
10	7 50	7·50	16	4·55	10	6·16	13	5·03	11	4·76	10	5·30	12	1 50	10
20	40	7·66	14	4·65	9	6·29	12	5·14	10	4·86	10	5·42	10	40	20
30	30	7·80	14	4·74	9	6·41	11	5·24	9	4·96	8	5·52	10	30	30
40	20	7·94	12	4·83	7	6·52	10	5·33	8	5·04	8	5·62	8	20	40
50	10	8·06	10	4·90	6	6·62	8	5·41	7	5·12	6	5·70	8	10	50
5 0	7 0	8·16	9	4·96	5	6·70	8	5·48	6	5·18	6	5·78	6	1 0	11 0
10	6 50	8·25	7	5·01	5	6·78	6	5·54	5	5·24	5	5·84	6	0 50	10
20	40	8·32	6	5·06	3	6·84	4	5·59	4	5·29	3	5·90	4	40	20
30	30	8·38	4	5·09	3	6·88	3	5·63	3	5·32	2	5·94	2	30	30
40	20	8·42	2	5·12	1	6·91	2	5·66	2	5·34	2	5·96	2	20	40
50	10	8·44	1	5·13	1	6·93	1	5·68	0	5·36	1	5·98	1	10	50
6 0	6 0	8·45		5·14		6·94		5·68		5·37		5·99		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos\delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}(T_\delta \sin\delta + T_\delta' \cos\delta).$$

Argument für T_α +		Bethlehem 0·7557		Bonn 0·8313		Bordeaux 0·7907		Breslau 0·8337		Brüssel 0·8321		Cambridge *E* 0·8403		Argument für T_δ —	Argument für T_δ +
0^h 0^m	12^h 0^m	0″·00	30	0″·00	24	0″·00	28	0″·00	25	0″·00	25	0″·00	24	6^h 0^m	6^h 0^m
10	11 50	0·30	29	0·24	25	0·28	27	0·25	24	0·25	24	0·24	23	5 50	10
20	40	0·59	28	0·49	24	0·55	27	0·49	24	0·49	24	0·47	23	40	20
30	30	0·87	29	0·73	23	0·82	26	0·73	23	0·73	23	0·70	23	30	30
40	20	1·16	29	0·96	24	1·08	27	0·96	24	0·96	24	0·93	24	20	40
50	10	1·45	28	1·20	24	1·35	27	1·20	23	1·20	24	1·17	23	10	50
1 0	11 0	1·73	28	1·44	24	1·62	26	1·43	23	1·44	23	1·40	22	5 0	7 0
10	10 50	2·01	28	1·68	23	1·88	26	1·66	23	1·67	23	1·62	23	4 50	10
20	40	2·29	27	1·91	23	2·14	26	1·89	23	1·90	23	1·85	22	40	20
30	30	2·56	26	2·14	22	2·40	24	2·12	22	2·13	22	2·07	22	30	30
40	20	2·82	26	2·36	22	2·64	24	2·34	22	2·35	22	2·29	21	20	40
50	10	3·08	26	2·58	21	2·88	24	2·56	21	2·57	21	2·50	20	10	50
2 0	10 0	3·34	25	2·79	20	3·12	23	2·77	20	2·78	21	2·70	20	4 0	8 0
10	9 50	3·59	25	2·99	21	3·35	23	2·97	20	2·99	20	2·90	20	3 50	10
20	40	3·84	23	3·20	20	3·58	22	3·17	20	3·19	20	3·10	19	40	20
30	30	4·07	23	3·40	19	3·80	22	3·37	19	3·39	19	3·29	18	30	30
40	20	4·30	22	3·59	18	4·02	21	3·56	18	3·58	18	3·47	18	20	40
50	10	4·52	21	3·77	18	4·23	19	3·74	18	3·76	18	3·65	17	10	50
3 0	9 0	4·73	20	3·95	17	4·42	18	3·92	16	3·94	17	3·82	16	3 0	9 0
10	8 50	4·93	19	4·12	16	4·60	18	4·08	16	4·11	16	3·98	16	2 50	10
20	40	5·12	18	4·28	14	4·78	17	4·24	15	4·27	15	4·14	15	40	20
30	30	5·30	18	4·42	14	4·95	17	4·39	14	4·42	14	4·29	13	30	30
40	20	5·48	17	4·56	14	5·12	15	4·53	14	4·56	14	4·42	13	20	40
50	10	5·65	15	4·70	13	5·27	14	4·67	12	4·70	12	4·55	12	10	50
4 0	8 0	5·80	14	4·83	12	5·41	13	4·79	11	4·82	11	4·67	12	2 0	10 0
10	7 50	5·94	13	4·95	10	5·54	13	4·90	11	4·93	11	4·79	10	1 50	10
20	40	6·07	11	5·05	10	5·67	11	5·01	10	5·04	10	4·89	10	40	20
30	30	6·18	10	5·15	9	5·78	10	5·11	9	5·14	9	4·99	8	30	30
40	20	6·28	9	5·24	8	5·88	9	5·20	8	5·23	8	5·07	8	20	40
50	10	6·37	9	5·32	7	5·97	7	5·28	7	5·31	7	5·15	7	10	50
5 0	7 0	6·46	7	5·39	6	6·04	6	5·35	6	5·38	6	5·22	5	1 0	11 0
10	6 50	6·53	6	5·45	5	6·10	6	5·41	4	5·44	4	5·27	5	0 50	10
20	40	6·59	4	5·50	3	6·16	4	5·45	3	5·48	3	5·32	4	40	20
30	30	6·63	3	5·53	3	6·20	2	5·48	3	5·51	3	5·36	2	30	30
40	20	6·66	2	5·56	1	6·22	1	5·51	1	5·54	2	5·38	2	20	40
50	10	6·68	1	5·57	1	6·23	1	5·52	1	5·56	1	5·40	0	10	50
6 0	6 0	6·69		5·58		6·24		5·53		5·57		5·40		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta).$$

Argument für T_α +		Cambridge Mass. 0·7709	Δ	Charkow 0·8268	Δ	Charlotteville 0·7319	Δ	Chicago 0·7664	Δ	Christiania 0·8798	Δ	Cincinnati 0·7424	Δ	Argument für T_δ −	Argument für T_δ +
$0^h\ 0^m$	$12^h\ 0^m$	0″·00	29	0″·00	25	0″·00	31	0″·00	29	0″·00	19	0″·00	30	$6^h\ 0^m$	$6^h\ 0^m$
10	11 50	0·29	28	0·25	25	0·31	30	0·29	29	0·19	19	0·30	30	5 50	10
20	40	0·57	29	0·50	25	0·61	30	0·58	29	0·38	20	0·60	29	40	20
30	30	0·86	27	0·75	24	0·91	29	0·87	28	0·58	19	0·89	29	30	30
40	20	1·13	28	0·99	23	1·20	30	1·15	27	0·77	18	1·18	30	20	40
50	10	1·41	27	1·22	24	1·50	30	1·42	28	0·95	19	1·48	29	10	50
1 0	11 0	1·68	28	1·46	24	1·80	29	1·70	28	1·14	19	1·77	29	5 0	7 0
10	10 50	1·96	27	1·70	24	2·09	29	1·98	27	1·33	18	2·06	28	4 50	10
20	40	2·23	26	1·94	23	2·38	28	2·25	27	1·51	18	2·34	28	40	20
30	30	2·49	26	2·17	23	2·66	27	2·52	26	1·69	18	2·62	27	30	30
40	20	2·75	25	2·40	22	2·93	27	2·78	25	1·87	17	2·89	27	20	40
50	10	3·00	25	2·62	21	3·20	27	3·03	25	2·04	17	3·16	26	10	50
2 0	10 0	3·25	25	2·83	21	3·47	26	3·28	25	2·21	17	3·42	25	4 0	8 0
10	9 50	3·50	23	3·04	21	3·73	25	3·53	24	2·38	16	3·67	25	3 50	10
20	40	3·73	23	3·25	20	3·98	25	3·77	23	2·54	15	3·92	24	40	20
30	30	3·96	23	3·45	19	4·23	23	4·00	22	2·69	15	4·16	24	30	30
40	20	4·19	21	3·64	19	4·46	22	4·22	21	2·84	14	4·40	22	20	40
50	10	4·40	20	3·83	18	4·68	22	4·43	21	2·98	14	4·62	21	10	50
3 0	9 0	4·60	20	4·01	17	4·90	21	4·64	20	3·12	14	4·83	21	3 0	9 0
10	8 50	4·80	18	4·18	17	5·11	21	4·84	19	3·26	13	5·04	20	2 50	10
20	40	4·98	18	4·35	15	5·32	19	5·03	18	3·39	12	5·24	19	40	20
30	30	5·16	17	4·50	14	5·51	18	5·21	17	3·51	11	5·43	17	30	30
40	20	5·33	16	4·64	13	5·69	17	5·38	16	3·62	11	5·60	16	20	40
50	10	5·49	15	4·77	13	5·86	15	5·54	15	3·73	10	5·76	16	10	50
4 0	8 0	5·64	14	4·90	12	6·01	14	5·69	14	3·83	9	5·92	14	2 0	10 0
10	7 50	5·78	12	5·02	11	6·15	13	5·83	12	3·92	9	6·06	14	1 50	10
20	40	5·90	12	5·13	10	6·28	12	5·95	11	4·01	8	6·20	12	40	20
30	30	6·02	10	5·23	9	6·40	12	6·06	11	4·09	7	6·32	10	30	30
40	20	6·12	9	5·32	8	6·52	10	6·17	9	4·16	6	6·42	10	20	40
50	10	6·21	8	5·40	7	6·62	8	6·26	8	4·22	5	6·52	8	10	50
5 0	7 0	6·29	6	5·47	6	6·70	7	6·34	7	4·27	5	6·60	7	1 0	11 0
10	6 50	6·35	6	5·53	5	6·77	6	6·41	5	4·32	4	6·67	6	0 50	10
20	40	6·41	4	5·58	4	6·83	4	6·46	4	4·36	3	6·73	5	40	20
30	30	6·45	3	5·62	3	6·87	4	6·50	3	4·39	2	6·78	3	30	30
40	20	6·48	2	5·65	2	6·91	2	6·53	2	4·41	1	6·81	1	20	40
50	10	6·50	1	5·67	0	6·93	1	6·55	1	4·42	0	6·82	1	10	50
6 0	6 0	6·51		5·67		6·94		6·56		4·42		6·83		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

Par. in $\alpha = \dfrac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta}$ Par. in $\delta = \dfrac{1}{\Delta} (T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta)$.

Cordoba		Denver		Dorpat		Dublin		Düsseldorf		Argument für T_δ −	Argument für T_δ +
[illegible]		0·7473		[illegible]		0·8471		0·8343			
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0·00	23	0·00	24	6h 0m	6h 0m
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0·23	23	0·24	24	5 50	10
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0·46	23	0·48	24	40	20
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0·69	22	0·72	23	30	30
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0·91	22	0·95	24	20	40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1·13	23	1·19	24	10	50
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	20	1·36	22	1·43	23	5 0	7 0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	19	1·58	22	1·66	23	4 50	10
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	19	1·80	21	1·89	23	40	20
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1·77	18	2·01	21	2·12	22	30	30
[illegible]	[illegible]	[illegible]	26	1·95	19	2·22	21	2·34	21	20	40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	26	2·14	18	2·43	20	2·55	21	10	50
[illegible]	[illegible]	[illegible]	25	2·32	17	2·63	19	2·76	20	4 0	8 0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	25	2·49	16	2·82	19	2·96	21	3 50	10
[illegible]	[illegible]	[illegible]	24	2·65	16	3·01	19	3·17	19	40	20
[illegible]	[illegible]	[illegible]	23	2·81	16	3·20	18	3·36	19	30	30
[illegible]	[illegible]	[illegible]	22	2·97	15	3·38	17	3·55	18	20	40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	21	3·12	15	3·55	17	3·73	18	10	50
[illegible]	[illegible]	4·79	21	3·27	14	3·72	16	3·91	16	3 0	9 0
[illegible]	22	5·00	20	3·41	13	3·88	15	4·07	16	2 50	10
[illegible]	21	5·20	18	3·54	13	4·03	14	4·23	15	40	20
[illegible]	[illegible]	5·38	18	3·67	12	4·17	14	4·38	14	30	30
[illegible]	17	5·56	16	3·79	11	4·31	12	4·52	13	20	40
[illegible]	17	5·72	16	3·90	11	4·43	12	4·65	13	10	50
[illegible]	16	5·88	14	4·01	10	4·55	11	4·78	12	2 0	10 0
[illegible]	14	6·02	13	4·11	9	4·66	10	4·90	10	1 50	10
[illegible]	13	6·15	11	4·20	8	4·76	9	5·00	10	40	20
[illegible]	13	6·26	11	4·28	7	4·85	9	5·10	9	30	30
[illegible]	11	6·37	10	4·35	6	4·94	8	5·19	8	20	40
[illegible]	9	6·47	8	4·41	5	5·02	6	5·27	6	10	50
7·26	8	6·55	7	4·46	5	5·08	5	5·33	6	1 0	11 0
7·34	6	6·62	6	4·51	4	5·13	5	5·39	5	0 50	10
7·40	5	6·68	5	4·55	3	5·18	4	5·44	4	40	20
7·45	4	6·73	3	4·58	2	5·22	2	5·48	2	30	30
7·49	2	6·76	1	4·60	1	5·24	1	5·50	2	20	40
7·51	1	6·77	1	4·61	1	5·25	1	5·52	0	10	50
7·52		6·78		4·62		5·26		5·52		0 0	12 0

[illegible] und T_λ und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden [illegible] Vorzeichen zu nehmen.

[illegible] Par. in $\delta = \frac{1}{\Delta}(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta)$.

Argument für T_α +		Edinburgh		Genf		Georgetown		Glasgow E.		Glasgow Miss		Göttingen		Argument für T_δ −	Argument für T_δ +
		0·8610		0·8008		0·7402		0·8606		0·7432		0·8363			
0h 0m	12h 0m	0''·00	22	0''·00	27	0''·00	30	0''·00	22	0''·00	30	0''·00	24	6h 0m	6h 0m
10	11 50	0·22	21	0·27	26	0·30	30	0·22	21	0·30	30	0·24	24	5 50	10
20	40	0·43	22	0·53	27	0·60	29	0·43	22	0·60	29	0·48	24	40	20
30	30	0·65	21	0·80	26	0·89	30	0·65	21	0·89	29	0·72	23	30	30
40	20	0·86	20	1·06	26	1·19	29	0·86	21	1·18	30	0·95	24	20	40
50	10	1·06	21	1·32	26	1·48	29	1·07	21	1·48	29	1·19	23	10	50
1 0	11 0	1·27	21	1·58	25	1·77	29	1·28	21	1·77	29	1·42	23	5 0	7 0
10	10 50	1·48	21	1·83	26	2·06	29	1·49	20	2·06	28	1·65	23	4 50	10
20	40	1·69	20	2·09	25	2·35	28	1·69	20	2·34	28	1·88	22	40	20
30	30	1·89	20	2·34	24	2·63	27	1·89	20	2·62	27	2·10	22	30	30
40	20	2·09	19	2·58	23	2·90	26	2·09	20	2·89	26	2·32	22	20	40
50	10	2·28	19	2·81	24	3·16	26	2·29	19	3·15	26	2·54	20	10	50
2 0	10 0	2·47	18	3·05	23	3·42	26	2·48	18	3·41	25	2·74	20	4 0	8 0
10	9 50	2·65	18	3·28	22	3·68	25	2·66	17	3·66	25	2·94	20	3 50	10
20	40	2·83	17	3·50	21	3·93	24	2·83	18	3·91	24	3·14	20	40	20
30	30	3·00	17	3·71	21	4·17	24	3·01	17	4·15	24	3·34	19	30	30
40	20	3·17	16	3·92	20	4·41	22	3·18	16	4·39	22	3·53	18	20	40
50	10	3·33	16	4·12	20	4·63	22	3·34	16	4·61	21	3·71	17	10	50
3 0	9 0	3·49	15	4·32	18	4·85	20	3·50	15	4·82	21	3·88	17	3 0	9 0
10	8 50	3·64	14	4·50	17	5·05	20	3·65	14	5·03	20	4·05	16	2 50	10
20	40	3·78	14	4·67	17	5·25	19	3·79	14	5·23	19	4·21	15	40	20
30	30	3·92	13	4·84	16	5·44	18	3·93	13	5·42	17	4·36	13	30	30
40	20	4·05	12	5·00	14	5·62	17	4·06	12	5·59	16	4·49	13	20	40
50	10	4·17	11	5·14	14	5·79	15	4·18	11	5·75	16	4·62	13	10	50
4 0	8 0	4·28	10	5·28	13	5·94	14	4·29	10	5·91	14	4·75	12	2 0	10 0
10	7 50	4·38	9	5·41	12	6·08	13	4·39	9	6·05	13	4·87	10	1 50	10
20	40	4·47	9	5·53	11	6·21	12	4·48	9	6·18	12	4·97	9	40	20
30	30	4·56	8	5·64	9	6·33	11	4·57	8	6·30	11	5·06	9	30	30
40	20	4·64	7	5·73	9	6·44	10	4·65	7	6·41	10	5·15	8	20	40
50	10	4·71	6	5·82	7	6·54	8	4·72	5	6·51	8	5·23	7	10	50
5 0	7 0	4·77	5	5·89	7	6·62	7	4·77	5	6·59	7	5·30	6	1 0	11 0
10	6 50	4·82	4	5·96	5	6·69	6	4·82	5	6·66	6	5·36	4	0 50	10
20	40	4·86	3	6·01	4	6·75	5	4·87	4	6·72	5	5·40	3	40	20
30	30	4·89	2	6·05	3	6·80	3	4·91	2	6·77	3	5·43	3	30	30
40	20	4·91	1	6·08	2	6·83	2	4·93	1	6·80	1	5·46	2	20	40
50	10	4·92	1	6·10	0	6·85	1	4·94	0	6·81	1	5·48	1	10	50
6 0	6 0	4·93		6·10		6·86		4·94		6·82		5·49		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta).$$

Argument für T_α +		Greenwich		Hamburg		Heidelberg		Helsingfors		Jena		Kaloçsa		Argument für T_δ	
		0·8359		0·8480		0·8229		0·8810		0·8324		0·8032		−	+
$0^h\ 0^m$	$12^h\ 0^m$	0″·00	24	0″·00	23	0″·00	25	0″·00	19	0″·00	25	0″·00	27	$6^h\ 0^m$	$6^h\ 0^m$
10	11 50	0·24	24	0·23	23	0·25	25	0·19	19	0·25	24	0·27	26	5 50	10
20	40	0·48	24	0·46	23	0·50	25	0·38	20	0·49	24	0·53	27	40	20
30	30	0·72	23	0·69	22	0·75	24	0·58	19	0·73	23	0·80	26	30	30
40	20	0·95	23	0·91	22	0·99	25	0·77	18	0·96	24	1·06	25	20	40
50	10	1·18	24	1·13	22	1·24	24	0·95	18	1·20	24	1·31	26	10	50
1 0	11 0	1·42	23	1·35	22	1·48	24	1·13	19	1·44	23	1·57	25	5 0	7 0
10	10 50	1·65	23	1·57	22	1·72	24	1·32	18	1·67	23	1·82	26	4 50	10
20	40	1·88	22	1·79	22	1·96	24	1·50	18	1·90	23	2·08	25	40	20
30	30	2·10	22	2·01	21	2·20	23	1·68	17	2·13	22	2·33	24	30	30
40	20	2·32	22	2·22	20	2·43	22	1·85	18	2·35	22	2·57	23	20	40
50	10	2·54	21	2·42	20	2·65	21	2·03	17	2·57	21	2·80	23	10	50
2 0	10 0	2·75	20	2·62	19	2·86	22	2·20	16	2·78	20	3·03	23	4 0	8 0
10	9 50	2·95	20	2·81	19	3·08	21	2·36	16	2·98	20	3·26	22	3 50	10
20	40	3·15	19	3·00	19	3·29	20	2·52	15	3·18	20	3·48	21	40	20
30	30	3·34	19	3·19	18	3·49	20	2·67	15	3·38	19	3·69	21	30	30
40	20	3·53	18	3·37	17	3·69	19	2·82	14	3·57	18	3·90	20	20	40
50	10	3·71	17	3·54	17	3·88	18	2·96	14	3·75	18	4·10	19	10	50
3 0	9 0	3·88	17	3·71	16	4·06	17	3·10	13	3·93	17	4·29	18	3 0	9 0
10	8 50	4·05	16	3·87	15	4·23	17	3·23	13	4·10	16	4·47	17	2 50	10
20	40	4·21	15	4·02	14	4·40	15	3·36	12	4·26	15	4·64	17	40	20
30	30	4·36	14	4·16	14	4·55	15	3·48	12	4·41	14	4·81	16	30	30
40	20	4·50	13	4·30	12	4·70	14	3·60	11	4·55	14	4·97	15	20	40
50	10	4·63	12	4·42	11	4·84	13	3·71	9	4·69	12	5·12	13	10	50
4 0	8 0	4·75	12	4·53	11	4·97	12	3·80	9	4·81	11	5·25	13	2 0	10 0
10	7 50	4·87	10	4·64	11	5·09	11	3·89	9	4·92	11	5·38	12	1 50	10
20	40	4·97	10	4·75	9	5·20	10	3·98	8	5·03	10	5·50	11	40	20
30	30	5·07	9	4·84	8	5·30	9	4·06	7	5·13	9	5·61	9	30	30
40	20	5·16	8	4·92	7	5·39	8	4·13	6	5·22	8	5·70	8	20	40
50	10	5·24	6	4·99	7	5·47	7	4·19	5	5·30	6	5·78	8	10	50
5 0	7 0	5·30	6	5·06	5	5·54	6	4·24	5	5·36	6	5·86	7	1 0	11 0
10	6 50	5·36	5	5·11	5	5·60	5	4·29	4	5·42	5	5·93	5	0 50	10
20	40	5·41	3	5·16	3	5·65	4	4·33	3	5·47	3	5·98	4	40	20
30	30	5·44	3	5·19	3	5·69	3	4·36	2	5·50	3	6·02	2	30	30
40	20	5·47	2	5·22	1	5·72	2	4·38	1	5·53	2	6·04	2	20	40
50	10	5·49	0	5·23	1	5·74	0	4·39	0	5·55	1	6·06	1	10	50
6 0	6 0	5·49		5·24		5·74		4·39		5·56		6·07		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}\,(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta).$$

Argument für T_α +		Kapstadt 0·6889$_n$		Karlsruhe 0·8203		Kasan 0·8601		Kiel 0·8524		Königsberg 0·8544		Kopenhagen 0·8596		Argument für T_δ −	Argument für T_δ +
0h 0m	12h 0m	0″·00	32	0″·00	26	0″·00	22	0″·00	23	0″·00	22	0″·00	22	6h 0m	6h 0m
10	11 50	0·32	32	0·26	25	0·22	22	0·23	23	0·22	23	0·22	22	5 50	10
20	40	0·64	31	0·51	25	0·44	21	0·46	22	0·45	22	0·44	22	40	20
30	30	0·95	32	0·76	24	0·65	21	0·68	21	0·67	21	0·66	21	30	30
40	20	1·27	31	1·00	25	0·86	21	0·89	22	0·88	22	0·87	20	20	40
50	10	1·58		1·25		1·07		1·11		1·10		1·07		10	50
			31		24		21		22		22		21		
1 0	11 0	1·89	31	1·49	24	1·28	21	1·33	22	1·32	21	1·28	21	5 0	7 0
10	10 50	2·20	30	1·73	25	1·49	21	1·55	21	1·53	21	1·49	21	4 50	10
20	40	2·50	29	1·98	24	1·70	20	1·76	21	1·74	21	1·70	20	40	20
30	30	2·79	29	2·22	23	1·90	20	1·97	20	1·95	20	1·90	20	30	30
40	20	3·08	29	2·45	22	2·10	19	2·17	20	2·15	20	2·10	20	20	40
50	10	3·37		2·67		2·29		2·37		2·35		2·30		10	50
			28		22		19		20		20		19		
2 0	10 0	3·65	28	2·89	22	2·48	18	2·57	19	2·55	19	2·49	18	4 0	8 0
10	9 50	3·93	26	3·11	21	2·66	18	2·76	18	2·74	18	2·67	17	3 50	10
20	40	4·19	25	3·32	20	2·84	18	2·94	18	2·92	18	2·84	18	40	20
30	30	4·44	25	3·52	20	3·02	17	3·12	18	3·10	17	3·02	17	30	30
40	20	4·69	24	3·72	19	3·19	16	3·30	17	3·27	17	3·19	16	20	40
50	10	4·93		3·91		3·35		3·47		3·44		3·35		10	50
			23		18		16		17		16		16		
3 0	9 0	5·16	23	4·09	17	3·51	15	3·64	16	3·60	16	3·51	15	3 0	9 0
10	8 50	5·39	21	4·26	16	3·66	14	3·80	14	3·76	14	3·66	15	2 50	10
20	40	5·60	20	4·42	16	3·80	13	3·94	14	3·90	14	3·81	14	40	20
30	30	5·80	19	4·58	15	3·93	13	4·08	14	4·04	14	3·95	13	30	30
40	20	5·99	18	4·73	14	4·06	12	4·22	12	4·18	12	4·08	12	20	40
50	10	6·17		4·87		4·18		4·34		4·30		4·20		10	50
			16		13		12		11		11		11		
4 0	8 0	6·33	15	5·00	12	4·30	10	4·45	11	4·41	10	4·31	10	2 0	10 0
10	7 50	6·48	14	5·12	12	4·40	9	4·56	10	4·51	10	4·41	9	1 50	10
20	40	6·62	13	5·24	10	4·49	8	4·66	9	4·61	9	4·50	9	40	20
30	30	6·75	11	5·34	9	4·57	8	4·75	8	4·70	8	4·59	8	30	30
40	20	6·86	11	5·43	8	4·65	7	4·83	7	4·78	7	4·67	7	20	40
50	10	6·97		5·51		4·72		4·90		4·85		4·74		10	50
			9		8		7		6		7		6		
5 0	7 0	7·06	7	5·59	6	4·79	5	4·96	5	4·92	5	4·80	5	1 0	11 0
10	6 50	7·13	7	5·65	5	4·84	4	5·01	5	4·97	4	4·85	4	0 50	10
20	40	7·20	5	5·70	3	4·88	3	5·06	3	5·01	4	4·89	3	40	20
30	30	7·25	3	5·73	3	4·91	3	5·09	3	5·05	2	4·92	3	30	30
40	20	7·28	2	5·76	1	4·94	1	5·12	1	5·07	2	4·95	1	20	40
50	10	7·30		5·77		4·95		5·13		5·09		4·96		10	50
			1		1		1		1		0		1		
6 0	6 0	7·31		5·78		4·96		5·14		5·09		4·97		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}\,(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta).$$

Argument für T_α +		Kremsmünster		Landstuhl		La Plata		Leiden		Leipzig		Lissabon		Argument für T_δ —	—
		0·8139		0·8229		$0{\cdot}6997_n$		0·8400		0·8351		0·7383			
0h 0m	12h 0m	0s·00	26	0s·00	25	0s·00	32	0s·00	24	0s·00	24	0s·00	30	6h 0m	6h 0m
10	11 50	0·26	26	0·25	25	0·32	32	0·24	23	0·24	24	0·30	30	5 50	10
20	40	0·52	25	0·50	25	0·64	31	0·47	24	0·48	24	0·60	29	40	20
30	30	0·77	25	0·75	24	0·95	30	0·71	23	0·72	23	0·89	30	30	30
40	20	1·02	25	0·99	25	1·25	31	0·94	23	0·95	24	1·19	30	20	40
50	10	1·27	25	1·24	24	1·56	31	1·17	23	1·19	23	1·49	29	10	50
1 0	11 0	1·52	25	1·48	24	1·87	31	1·40	23	1·42	23	1·78	29	5 0	7 0
10	10 50	1·77	25	1·72	24	2·18	29	1·63	22	1·65	23	2·07	29	4 50	10
20	40	2·02	24	1·96	24	2·47	29	1·85	22	1·88	23	2·36	27	40	20
30	30	2·26	23	2·20	23	2·76	29	2·07	22	2·11	22	2·63	27	30	30
40	20	2·49	22	2·43	22	3·05	28	2·29	21	2·33	22	2·90	27	20	40
50	10	2·71	23	2·65	21	3·33	27	2·50	20	2·55	20	3·17	27	10	50
2 0	10 0	2·94	22	2·86	22	3·60	27	2·70	20	2·75	21	3·44	26	4 0	8 0
10	9 50	3·16	22	3·08	21	3·87	27	2·90	20	2·96	20	3·70	25	3 50	10
20	40	3·38	21	3·29	20	4·14	26	3·10	19	3·16	19	3·95	24	40	20
30	30	3·59	20	3·49	20	4·40	24	3·29	19	3·35	19	4·19	23	30	30
40	20	3·79	19	3·69	19	4·64	24	3·48	18	3·54	18	4·42	22	20	40
50	10	3·98	19	3·88	18	4·88	23	3·66	17	3·72	18	4·64	22	10	50
3 0	9 0	4·17	18	4·06	17	5·11	22	3·83	16	3·90	16	4·86	21	3 0	9 0
10	8 50	4·35	16	4·23	17	5·33	20	3·99	16	4·06	16	5·07	20	2 50	10
20	40	4·51	16	4·40	15	5·53	20	4·15	15	4·22	15	5·27	19	40	20
30	30	4·67	15	4·55	15	5·73	19	4·30	13	4·37	14	5·46	17	30	30
40	20	4·82	15	4·70	14	5·92	17	4·43	13	4·51	13	5·63	17	20	40
50	10	4·97	13	4·84	13	6·09	16	4·56	12	4·64	13	5·80	16	10	50
4 0	8 0	5·10	12	4·97	12	6·25	15	4·68	11	4·77	11	5·96	15	2 0	10 0
10	7 50	5·22	12	5·09	11	6·40	15	4·79	11	4·88	11	6·11	12	1 50	10
20	40	5·34	10	5·20	10	6·55	13	4·90	10	4·99	10	6·23	12	40	20
30	30	5·44	10	5·30	9	6·68	10	5·00	8	5·09	9	6·35	11	30	30
40	20	5·54	8	5·39	8	6·78	10	5·08	8	5·18	7	6·46	10	20	40
50	10	5·62	7	5·47	7	6·88	9	5·16	6	5·25	7	6·56	8	10	50
5 0	7 0	5·69	6	5·54	6	6·97	8	5·22	6	5·32	6	6·64	7	1 0	11 0
10	6 50	5·75	5	5·60	5	7·05	6	5·28	5	5·38	5	6·71	6	0 50	10
20	40	5·80	4	5·65	4	7·11	5	5·33	3	5·43	3	6·77	5	40	20
30	30	5·84	3	5·69	3	7·16	3	5·36	3	5·46	3	6·82	3	30	30
40	20	5·87	2	5·72	2	7·19	2	5·39	1	5·49	1	6·85	1	20	40
50	10	5·89	1	5·74	0	7·21	1	5·40	1	5·50	1	6·86	1	10	50
6 0	6 0	5·90		5·74		7·22		5·41		5·51		6·87		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

Par. in $\alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta}$ Par. in $\delta = \frac{1}{\Delta}\,(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta)$.

Argument für T_α +		Lund		Lussinpiccolo		Lyon		Madison		Madras		Madrid		Argument für T_δ	
		0·8596		0·7883		0·7971		0·7767		0·2961		0·7540		—	+
$0^h\ 0^m$	$12^h\ 0^m$	0″·00	22	0″·00	28	0″·00	27	0″·00	28	0″·00	38	0″·00	30	$6^h\ 0^m$	$6^h\ 0^m$
10	11 50	0·22	22	0·28	27	0·27	27	0·28	28	0·38	37	0·30	29	5 50	10
20	40	0·44	22	0·55	27	0·54	27	0·56	28	0·75	37	0·59	28	40	20
30	30	0·66	21	0·82	27	0·81	26	0·84	27	1·12	37	0·87	29	30	30
40	20	0·87	20	1·09	27	1·07	26	1·11	28	1·49	37	1·16	29	20	40
50	10	1·07	21	1·36	27	1·33	26	1·39	28	1·86	36	1·45	29	10	50
1 0	11 0	1·28	21	1·63	26	1·59	26	1·67	27	2·22	36	1·74	28	5 0	7 0
10	10 50	1·49	21	1·89	26	1·85	26	1·94	27	2·58	35	2·02	28	4 50	10
20	40	1·70	20	2·15	26	2·11	25	2·21	26	2·93	35	2·30	27	40	20
30	30	1·90	20	2·41	25	2·36	25	2·47	25	3·28	34	2·57	26	30	30
40	20	2·10	20	2·66	24	2·61	24	2·72	25	3·62	34	2·83	26	20	40
50	10	2·30	19	2·90	24	2·85	23	2·97	25	3·96	33	3·09	26	10	50
2 0	10 0	2·49	18	3·14	24	3·08	23	3·22	24	4·29	31	3·35	25	4 0	8 0
10	9 50	2·67	17	3·38	23	3·31	22	3·46	23	4·60	31	3·60	25	3 50	10
20	40	2·84	18	3·61	22	3·53	22	3·69	23	4·91	30	3·85	24	40	20
30	30	3·02	17	3·83	21	3·75	21	3·92	22	5·21	30	4·09	23	30	30
40	20	3·19	16	4·04	21	3·96	20	4·14	22	5·51	29	4·32	21	20	40
50	10	3·35	16	4·25	19	4·16	20	4·36	19	5·80	27	4·53	21	10	50
3 0	9 0	3·51	15	4·44	19	4·36	18	4·55	19	6·07	25	4·74	20	3 0	9 0
10	8 50	3·66	15	4·63	18	4·54	17	4·74	19	6·32	24	4·94	20	2 50	10
20	40	3·81	14	4·81	17	4·71	17	4·93	18	6·56	24	5·14	19	40	20
30	30	3·95	13	4·98	17	4·88	16	5·11	16	6·80	22	5·33	17	30	30
40	20	4·08	12	5·15	15	5·04	15	5·27	16	7·02	21	5·50	16	20	40
50	10	4·20	11	5·30	14	5·19	14	5·43	15	7·23	20	5·66	15	10	50
4 0	8 0	4·31	10	5·44	13	5·33	13	5·58	14	7·43	18	5·81	14	2 0	10 0
10	7 50	4·41	9	5·57	13	5·46	12	5·72	12	7·61	16	5·95	13	1 50	10
20	40	4·50	9	5·70	11	5·58	11	5·84	11	7·77	15	6·08	11	40	20
30	30	4·59	8	5·81	10	5·69	10	5·95	10	7·92	13	6·19	11	30	30
40	20	4·67	7	5·91	9	5·79	9	6·05	9	8·05	12	6·30	10	20	40
50	10	4·74	6	6·00	8	5·88	7	6·14	7	8·17	11	6·40	8	10	50
5 0	7 0	4·80	5	6·08	7	5·95	7	6·21	7	8·28	9	6·48	7	1 0	11 0
10	6 50	4·85	4	6·15	5	6·02	5	6·28	6	8·37	7	6·55	6	0 50	10
20	40	4·89	3	6·20	3	6·07	4	6·34	4	8·44	6	6·61	4	40	20
30	30	4·92	3	6·23	3	6·11	3	6·38	3	8·50	4	6·65	3	30	30
40	20	4·95	1	6·26	1	6·14	1	6·41	2	8·54	2	6·68	2	20	40
50	10	4·96	1	6·27	1	6·15	1	6·43	0	8·56	1	6·70	1	10	50
6 0	6 0	4·97		6·28		6·16		6·43		8·57		6·71		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}\left(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta\right).$$

Argument für T_α +		Mailand		Marseille		Melbourne		Mt. Hamilton		Moskau		München		Argument für T_δ −	Argument für T_δ +
		0·7954		0·7786		0·7299$_n$		0·7250		0·8599		0·8145		−	+
0h 0m	12h 0m	0″·00	27	0″·00	28	0″·00	31	0″·00	31	0″·00	21	0″·00	26	6h 0m	6h 0m
10	11 50	0·27	27	0·28	28	0·31	31	0·31	30	0·21	22	0·26	26	5 50	10
20	40	0·54	27	0·56	28	0·62	30	0·61	30	0·43	22	0·52	25	40	20
30	30	0·81	26	0·84	27	0·92	29	0·91	30	0·65	22	0·77	25	30	30
40	20	1·07	26	1·11	28	1·21	30	1·21	30	0·87	21	1·02	25	20	40
50	10	1·33	27	1·39	27	1·51	29	1·51	30	1·08	20	1·27	25	10	50
1 0	11 0	1·60	26	1·66	27	1·80	29	1·81	30	1·28	21	1·52	25	5 0	7 0
10	10 50	1·86	26	1·93	27	2·09	29	2·11	29	1·49	21	1·77	24	4 50	10
20	40	2·12	25	2·20	26	2·38	28	2·40	28	1·70	20	2·01	24	40	20
30	30	2·37	25	2·46	25	2·66	28	2·68	28	1·90	20	2·25	24	30	30
40	20	2·62	24	2·71	25	2·94	27	2·96	27	2·10	19	2·49	23	20	40
50	10	2·86	23	2·96	25	3·21	27	3·23	27	2·29	19	2·72	22	10	50
2 0	10 0	3·09	23	3·21	24	3·48	26	3·50	26	2·48	18	2·94	22	4 0	8 0
10	9 50	3·32	23	3·45	23	3·74	25	3·76	26	2·66	18	3·16	21	3 50	10
20	40	3·55	22	3·68	23	3·99	25	4·02	25	2·84	18	3·37	21	40	20
30	30	3·77	21	3·91	22	4·24	23	4·27	23	3·02	17	3·58	20	30	30
40	20	3·98	20	4·13	21	4·47	23	4·50	23	3·19	16	3·78	19	20	40
50	10	4·18	20	4·34	19	4·70	22	4·73	22	3·35	16	3·97	19	10	50
3 0	9 0	4·38	18	4·53	19	4·92	21	4·95	21	3·51	15	4·16	18	3 0	9 0
10	8 50	4·56	17	4·72	19	5·13	20	5·16	20	3·66	14	4·34	16	2 50	10
20	40	4·73	17	4·91	18	5·33	19	5·36	19	3·80	14	4·50	16	40	20
30	30	4·90	16	5·09	16	5·52	18	5·55	19	3·94	13	4·66	16	30	30
40	20	5·06	15	5·25	15	5·70	17	5·74	17	4·07	12	4·82	14	20	40
50	10	5·21	14	5·40	15	5·87	16	5·91	16	4·19	11	4·96	13	10	50
4 0	8 0	5·35	13	5·55	13	6·03	14	6·07	14	4·30	11	5·09	12	2 0	10 0
10	7 50	5·48	12	5·68	13	6·17	14	6·21	13	4·41	9	5·21	12	1 50	10
20	40	5·60	11	5·81	11	6·31	12	6·34	12	4·50	8	5·33	11	40	20
30	30	5·71	10	5·92	11	6·43	11	6·46	12	4·58	8	5·44	9	30	30
40	20	5·81	8	6·03	9	6·54	10	6·58	10	4·66	7	5·53	8	20	40
50	10	5·89	8	6·12	7	6·64	8	6·68	8	4·73	6	5·61	7	10	50
5 0	7 0	5·97	6	6·19	6	6·72	7	6·76	7	4·79	5	5·68	6	1 0	11 0
10	6 50	6·03	6	6·25	6	6·79	6	6·83	7	4·84	4	5·74	5	0 50	10
20	40	6·09	4	6·31	4	6·85	5	6·90	5	4·88	4	5·79	4	40	20
30	30	6·13	3	6·35	3	6·90	3	6·95	3	4·92	2	5·83	3	30	30
40	20	6·16	2	6·38	2	6·93	2	6·98	2	4·94	2	5·86	1	20	40
50	10	6·18	0	6·40	1	6·95	1	7·00	0	4·96	0	5·87	1	10	50
6 0	6 0	6·18		6·41		6·96		7·00		4·96		5·88		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta).$$

Argument für T_α +		Neapel		Neuchâtel		New Haven		New York		Nicolajew		Nizza		Argument für T_δ −	Argument für T_δ +
		0·7580	Δ	0·8065	Δ	0·7619	Δ	0·7570	Δ	0·8063	Δ	0·7819	Δ		
0^h 0^m	12^h 0^m	0″·00	29	0″·00	27	0″·00	29	0″·00	29	0″·00	27	0″·00	28	6^h 0^m	6^h 0^m
10	11 50	0·29	29	0·27	26	0·29	29	0·29	29	0·27	26	0·28	28	5 50	10
20	40	0·58	29	0·53	26	0·58	29	0·58	29	0·53	26	0·56	28	40	20
30	30	0·87	28	0·79	25	0·87	28	0·87	29	0·79	25	0·84	27	30	30
40	20	1·15	29	1·04	25	1·15	28	1·16	29	1·04	26	1·11	27	20	40
50	10	1·44	28	1·29	26	1·43	28	1·45	28	1·30	26	1·38	27	10	50
1 0	11 0	1·72	28	1·55	25	1·71	28	1·73	28	1·56	25	1·65	27	5 0	7 0
10	10 50	2·00	28	1·80	25	1·99	28	2·01	28	1·81	25	1·92	26	4 50	10
20	40	2·28	27	2·05	25	2·27	27	2·29	27	2·06	25	2·18	26	40	20
30	30	2·55	26	2·30	24	2·54	26	2·56	26	2·31	24	2·44	25	30	30
40	20	2·81	26	2·54	23	2·80	25	2·82	26	2·55	23	2·69	25	20	40
50	10	3·07	26	2·77	23	3·05	26	3·08	26	2·78	22	2·94	24	10	50
2 0	10 0	3·33	25	3·00	22	3·31	25	3·34	25	3·00	23	3·18	24	4 0	8 0
10	9 50	3·58	24	3·22	22	3·56	24	3·59	24	3·23	22	3·42	23	3 50	10
20	40	3·82	24	3·44	21	3·80	23	3·83	23	3·45	21	3·65	23	40	20
30	30	4·06	23	3·65	21	4·03	23	4·06	23	3·66	21	3·88	22	30	30
40	20	4·29	21	3·86	20	4·26	21	4·29	22	3·87	20	4·10	21	20	40
50	10	4·50	21	4·06	19	4·47	21	4·51	21	4·07	19	4·31	19	10	50
3 0	9 0	4·71	20	4·25	17	4·68	20	4·72	20	4·26	17	4·50	19	3 0	9 0
10	8 50	4·91	19	4·42	17	4·88	19	4·92	19	4·43	17	4·69	19	2 50	10
20	40	5·10	18	4·59	17	5·07	18	5·11	18	4·60	16	4·88	18	40	20
30	30	5·28	18	4·76	16	5·25	17	5·29	18	4·76	16	5·06	16	30	30
40	20	5·46	16	4·92	15	5·42	16	5·47	16	4·92	15	5·22	15	20	40
50	10	5·62	15	5·07	13	5·58	15	5·63	15	5·07	14	5·37	15	10	50
4 0	8 0	5·77	14	5·20	12	5·73	14	5·78	14	5·21	13	5·52	13	2 0	10 0
10	7 50	5·91	13	5·32	12	5·87	13	5·92	13	5·34	11	5·65	12	1 50	10
20	40	6·04	12	5·44	10	6·00	12	6·05	12	5·45	10	5·77	11	40	20
30	30	6·16	10	5·54	10	6·12	10	6·17	10	5·55	10	5·88	11	30	30
40	20	6·26	9	5·64	9	6·22	9	6·27	9	5·65	8	5·99	9	20	40
50	10	6·35	8	5·73	7	6·31	8	6·36	8	5·73	8	6·08	7	10	50
5 0	7 0	6·43	7	5·80	6	6·39	7	6·44	7	5·81	6	6·15	6	1 0	11 0
10	6 50	6·50	6	5·86	6	6·46	6	6·51	6	5·87	6	6·21	6	0 50	10
20	40	6·56	5	5·92	4	6·52	4	6·57	5	5·93	4	6·27	4	40	20
30	30	6·61	3	5·96	2	6·56	3	6·62	3	5·97	3	6·31	3	30	30
40	20	6·64	1	5·98	2	6·59	2	6·65	1	6·00	1	6·34	2	20	40
50	10	6·65	1	6·00	1	6·61	1	6·66	1	6·01	1	6·36	0	10	50
6 0	6 0	6·66		6·01		6·62		6·67		6·02		6·36		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta).$$

Argument für T_α +		Northfield 0·7877	Δ	Odessa 0·8028	Δ	O Gyalla 0·8126	Δ	Oxford *E* 0·8376	Δ	Oxford Miss 0·6938	Δ	Paris 0·8191	Δ	Argument für T_δ −	+
0h 0m	12h 0m	0″·00	28	0″·00	27	0″·00	26	0″·00	24	0″·00	32	0″·00	25	6h 0m	6h 0m
10	11 50	0·28	27	0·27	26	0·26	26	0·24	24	0·32	32	0·25	26	5 50	10
20	40	0·55	27	0·53	27	0·52	26	0·48	24	0·64	31	0·51	25	40	20
30	30	0·82	27	0·80	26	0·78	25	0·72	23	0·95	31	0·76	24	30	30
40	20	1·09	27	1·06	25	1·03	25	0·95	23	1·26	31	1·00	25	20	40
50	10	1·36	27	1·31	26	1·28	25	1·18	23	1·57	31	1·25	25	10	50
1 0	11 0	1·63	26	1·57	26	1·53	25	1·41	23	1·88	31	1·50	24	5 0	7 0
10	10 50	1·89	26	1·83	25	1·78	24	1·64	23	2·19	30	1·74	25	4 50	10
20	40	2·15	26	2·08	25	2·02	24	1·87	22	2·49	29	1·99	24	40	20
30	30	2·41	25	2·33	24	2·26	24	2·09	22	2·78	29	2·23	23	30	30
40	20	2·66	24	2·57	23	2·50	23	2·31	21	3·07	28	2·46	22	20	40
50	10	2·90	24	2·80	23	2·73	22	2·52	20	3·35	28	2·68	22	10	50
2 0	10 0	3·14	24	3·03	23	2·95	22	2·72	21	3·63	27	2·90	22	4 0	8 0
10	9 50	3·38	23	3·26	22	3·17	22	2·93	20	3·90	27	3·12	21	3 50	10
20	40	3·61	22	3·48	21	3·39	21	3·13	19	4·17	25	3·33	20	40	20
30	30	3·83	21	3·69	21	3·60	20	3·32	19	4·42	25	3·53	20	30	30
40	20	4·04	21	3·90	20	3·80	20	3·51	18	4·67	24	3·73	19	20	40
50	10	4·25	19	4·10	19	4·00	18	3·69	17	4·91	23	3·92	18	10	50
3 0	9 0	4·44	19	4·29	18	4·18	18	3·86	16	5·14	22	4·10	18	3 0	9 0
10	8 50	4·63	18	4·47	18	4·36	17	4·02	16	5·36	21	4·28	16	2 50	10
20	40	4·81	17	4·65	17	4·53	16	4·18	15	5·57	20	4·44	16	40	20
30	30	4·98	17	4·82	15	4·69	15	4·33	14	5·77	19	4·60	15	30	30
40	20	5·15	15	4·97	15	4·84	14	4·47	13	5·96	18	4·75	14	20	40
50	10	5·30	14	5·12	14	4·98	14	4·60	12	6·14	15	4·89	13	10	50
4 0	8 0	5·44	13	5·26	13	5·12	12	4·72	12	6·29	15	5·02	13	2 0	10 0
10	7 50	5·57	13	5·39	12	5·24	12	4·84	10	6·44	15	5·15	11	1 50	10
20	40	5·70	11	5·51	11	5·36	10	4·94	10	6·59	13	5·26	10	40	20
30	30	5·81	10	5·62	9	5·46	10	5·04	9	6·72	11	5·36	9	30	30
40	20	5·91	9	5·71	8	5·56	8	5·13	7	6·83	10	5·45	8	20	40
50	10	6·00	8	5·79	8	5·64	7	5·20	7	6·93	9	5·53	7	10	50
5 0	7 0	6·08	7	5·87	6	5·71	6	5·27	6	7·02	8	5·60	7	1 0	11 0
10	6 50	6·15	5	5·93	5	5·77	5	5·33	4	7·10	6	5·67	5	0 50	10
20	40	6·20	3	5·98	4	5·82	4	5·37	4	7·16	5	5·72	3	40	20
30	30	6·23	3	6·02	3	5·86	3	5·41	3	7·21	3	5·75	3	30	30
40	20	6·26	1	6·05	1	5·89	2	5·44	1	7·24	2	5·78	2	20	40
50	10	6·27	1	6·06	1	5·91	0	5·45	1	7·26	1	5·80	0	10	50
6 0	6 0	6·28		6·07		5·91		5·46		7·27		5·80		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}\left(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta\right).$$

Argument für T_α +		Philadelphia		Pola		Potsdam		Poughkeepsie		Prag		Princeton		Argument für T_δ −	+
		0·7498		0·7908		0·8412		0·76508		0·8273		0·7534			
0h 0m	12h 0m	0″·00	30	0″·00	28	0″·00	24	0″·00	29	0″·00	25	0″·00	30	6h 0m	6h 0m
10	11 50	0·30	29	0·28	27	0·24	23	0·29	29	0·25	25	0·30	29	5 50	10
20	40	0·59	29	0·55	27	0·47	24	0·58	29	0·50	24	0·59	29	40	20
30	30	0·88	29	0·82	26	0·71	23	0·87	28	0·74	24	0·88	28	30	30
40	20	1·17	29	1·08	27	0·94	22	1·15	27	0·98	24	1·16	29	20	40
50	10	1·46		1·35		1·16		1·42		1·22		1·45		10	50
			29		27		23		28		24		29		
1 0	11 0	1·75	28	1·62	26	1·39	23	1·70	28	1·46	24	1·74	28	5 0	7 0
10	10 50	2·03	28	1·88	26	1·62	22	1·98	27	1·70	24	2·02	28	4 50	10
20	40	2·31	28	2·14	26	1·84	22	2·25	27	1·94	23	2·30	27	40	20
30	30	2·59	27	2·40	24	2·06	22	2·52	26	2·17	22	2·57	26	30	30
40	20	2·86	26	2·64	24	2·28	21	2·78	26	2·39	22	2·83	27	20	40
50	10	3·12		2·88		2·49		3·04		2·61		3·10		10	50
			26		24		20		25		21		26		
2 0	10 0	3·38	25	3·12	23	2·69	20	3·29	25	2·82	21	3·36	25	4 0	8 0
10	9 50	3·63	25	3·35	23	2·89	19	3·54	24	3·03	21	3·61	24	3 50	10
20	40	3·88	24	3·58	22	3·08	19	3·78	23	3·24	20	3·85	24	40	20
30	30	4·12	23	3·80	22	3·27	19	4·01	22	3·44	20	4·09	23	30	30
40	20	4·35	21	4·02	21	3·46	18	4·23	21	3·64	19	4·32	21	20	40
50	10	4·56		4·23		3·64		4·44		3·83		4·53		10	50
			21		19		17		21		18		21		
3 0	9 0	4·77	20	4·42	18	3·81	16	4·65	20	4·01	17	4·74	20	3 0	9 0
10	8 50	4·97	20	4·60	18	3·97	16	4·85	19	4·18	16	4·94	20	2 50	10
20	40	5·17	19	4·78	17	4·13	14	5·04	18	4·34	15	5·14	19	40	20
30	30	5·36	17	4·95	17	4·27	14	5·22	17	4·49	14	5·33	17	30	30
40	20	5·53	16	5·12	15	4·41	13	5·39	16	4·63	14	5·50	16	20	40
50	10	5·69		5·27		4·54		5·55		4·77		5·66		10	50
			16		14		12		15		13		16		
4 0	8 0	5·85	15	5·41	13	4·66	12	5·70	14	4·90	12	5·82	14	2 0	10 0
10	7 50	6·00	13	5·54	13	4·78	10	5·84	13	5·02	10	5·96	13	1 50	10
20	40	6·13	11	5·67	11	4·88	9	5·97	12	5·12	10	6·09	11	40	20
30	30	6·24	10	5·78	10	4·97	9	6·09	10	5·22	9	6·20	10	30	30
40	20	6·34	10	5·88	9	5·06	8	6·19	8	5·31	8	6·30	9	20	40
50	10	6·44		5·97		5·14		6·27		5·39		6·39		10	50
			8		7		6		8		7		9		
5 0	7 0	6·52	7	6·04	6	5·20	5	6·35	7	5·46	6	6·48	7	1 0	11 0
10	6 50	6·59	6	6·10	6	5·25	5	6·42	6	5·52	5	6·55	6	0 50	10
20	40	6·65	5	6·16	4	5·30	4	6·48	4	5·57	4	6·61	5	40	20
30	30	6·70	3	6·20	2	5·34	2	6·52	3	5·61	2	6·66	3	30	30
40	20	6·73	1	6·22	1	5·36	1	6·55	2	5·63	2	6·69	2	20	40
50	10	6·74		6·23		5·37		6·57		5·65		6·71		10	50
			0		1		1		1		1		0		
6 0	6 0	6·75		6·24		5·38		6·58		5·66		6·71		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta).$$

Argument für T_α +		Pulkowa 0·8792		Rio d. J. 0·5320$_n$		Rochester 0·7772		Rom 0·7668		S. Francisco 0·7294		Santiago 0·6833$_n$		Argument für T_δ −	+
0h 0m	12h 0m	0″·00	19	0″·00	36	0″·00	28	0″·00	29	0″·00	31	0″·00	32	6h 0m	6h 0m
10	11 50	0·19	19	0·36	35	0·28	28	0·29	28	0·31	30	0·32	32	5 50	10
20	40	0·38	20	0·71	34	0·56	28	0·57	29	0·61	30	0·64	31	40	20
30	30	0·58	20	1·05	35	0·84	27	0·86	28	0·91	30	0·95	32	30	30
40	20	0·78	19	1·40	35	1·11	28	1·14	28	1·21	30	1·27	32	20	40
50	10	0·97	18	1·75	35	1·39	27	1·42	28	1·51	29	1·59	31	10	50
1 0	11 0	1·15	18	2·10	34	1·66	27	1·70	27	1·80	30	1·90	31	5 0	7 0
10	10 50	1·33	19	2·44	33	1·93	27	1·97	28	2·10	29	2·21	31	4 50	10
20	40	1·52	18	2·77	33	2·20	26	2·25	26	2·39	28	2·52	29	40	20
30	30	1·70	18	3·10	33	2·46	25	2·51	26	2·67	27	2·81	29	30	30
40	20	1·88	17	3·43	32	2·71	25	2·77	26	2·94	27	3·10	29	20	40
50	10	2·05	17	3·75	31	2·96	25	3·03	25	3·21	27	3·39	29	10	50
2 0	10 0	2·22	17	4·06	30	3·21	24	3·28	24	3·48	26	3·68	27	4 0	8 0
10	9 50	2·39	16	4·36	29	3·45	24	3·52	24	3·74	26	3·95	27	3 50	10
20	40	2·55	15	4·65	28	3·69	23	3·76	23	4·00	25	4·22	25	40	20
30	30	2·70	15	4·93	28	3·92	22	3·99	23	4·25	23	4·47	25	30	30
40	20	2·85	15	5·21	27	4·14	21	4·22	21	4·48	22	4·72	24	20	40
50	10	3·00	14	5·48	26	4·35	19	4·43	20	4·70	22	4·96	23	10	50
3 0	9 0	3·14	13	5·74	24	4·54	19	4·63	20	4·92	21	5·19	22	3 0	9 0
10	8 50	3·27	13	5·98	23	4·73	19	4·83	19	5·13	20	5·41	22	2 50	10
20	40	3·40	12	6·21	22	4·92	18	5·02	18	5·33	19	5·63	20	40	20
30	30	3·52	12	6·43	21	5·10	17	5·20	17	5·52	19	5·83	19	30	30
40	20	3·64	11	6·64	20	5·27	16	5·37	16	5·71	17	6·02	17	20	40
50	10	3·75	10	6·84	18	5·43	14	5·53	15	5·88	15	6·19	17	10	50
4 0	8 0	3·85	9	7·02	17	5·57	13	5·68	14	6·03	15	6·36	16	2 0	10 0
10	7 50	3·94	9	7·19	16	5·70	13	5·82	13	6·18	13	6·52	14	1 50	10
20	40	4·03	8	7·35	14	5·83	12	5·95	11	6·31	12	6·66	13	40	20
30	30	4·11	7	7·49	13	5·95	10	6·06	11	6·43	11	6·79	11	30	30
40	20	4·18	6	7·62	12	6·05	9	6·17	8	6·54	10	6·90	10	20	40
50	10	4·24	5	7·74	10	6·14	7	6·25	8	6·64	8	7·00	10	10	50
5 0	7 0	4·29	5	7·84	8	6·21	6	6·33	7	6·72	8	7·10	8	1 0	11 0
10	6 50	4·34	4	7·92	6	6·27	6	6·40	6	6·80	6	7·18	6	0 50	10
20	40	4·38	3	7·98	6	6·33	4	6·46	4	6·86	4	7·24	5	40	20
30	30	4·41	1	8·04	3	6·37	3	6·50	3	6·90	3	7·29	3	30	30
40	20	4·42	1	8·07	2	6·40	2	6·53	2	6·93	2	7·32	2	20	40
50	10	4·43	1	8·09	1	6·42	1	6·55	1	6·95	1	7·34	1	10	50
6 0	6 0	4·44		8·10		6·43		6·56		6·96		7·35		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}\,(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta).$$

Argument für T_α +		Stockholm		Strassburg		Sydney		Tacubaya		Taschkent		Teramo		Argument für T_δ	
		0·8773		0·8174		0·6880$_n$		0·4632		0·7619		0·7732		−	+
0h 0m	12h 0m	0″·00	20	0″·00	26	0″·00	32	0″·00	37	0″·00	29	0″·00	29	6h 0m	6h 0m
10	11 50	0·20	19	0·26	25	0·32	32	0·37	36	0·29	29	0·29	28	5 50	10
20	40	0·39	20	0·51	26	0·64	31	0·73	36	0·58	29	0·57	27	40	20
30	30	0·59	20	0·77	24	0·95	32	1·09	35	0·87	28	0·84	28	30	30
40	20	0·79	19	1·01	25	1·27	31	1·44	36	1·15	28	1·12	28	20	40
50	10	0·98		1·26		1·58		1·80		1·43		1·40		10	50
			18		25		31		35		28		28		
1 0	11 0	1·16	19	1·51	25	1·89	31	2·15	35	1·71	28	1·68	27	5 0	7 0
10	10 50	1·35	19	1·76	24	2·20	30	2·50	34	1·99	28	1·95	27	4 50	10
20	40	1·54	18	2·00	24	2·50	29	2·84	34	2·27	27	2·22	26	40	20
30	30	1·72	18	2·24	23	2·79	30	3·18	33	2·54	26	2·48	25	30	30
40	20	1·90	18	2·47	22	3·09	29	3·51	32	2·80	25	2·73	26	20	40
50	10	2·08		2·69		3·38		3·83		3·05		2·99		10	50
			17		22		28		32		26		25		
2 0	10 0	2·25	17	2·91	22	3·66	27	4·15	31	3·31	25	3·24	24	4 0	8 0
10	9 50	2·42	16	3·13	21	3·93	27	4·46	30	3·56	24	3·48	23	3 50	10
20	40	2·58	15	3·34	21	4·20	25	4·76	30	3·80	23	3·71	23	40	20
30	30	2·73	16	3·55	20	4·45	25	5·06	28	4·03	23	3·94	22	30	30
40	20	2·89	15	3·75	19	4·70	24	5·34	27	4·26	21	4·16	21	20	40
50	10	3·04		3·94		4·94		5·61		4·47		4·37		10	50
			14		19		23		26		21		20		
3 0	9 0	3·18	13	4·13	18	5·17	22	5·87	25	4·68	20	4·57	20	3 0	9 0
10	8 50	3·31	13	4·31	16	5·39	21	6·12	23	4·88	19	4·77	19	2 50	10
20	40	3·44	12	4·47	15	5·60	20	6·35	23	5·07	18	4·96	17	40	20
30	30	3·56	12	4·62	15	5·80	19	6·58	22	5·25	17	5·13	17	30	30
40	20	3·68	11	4·77	14	5·99	18	6·80	20	5·42	16	5·30	16	20	40
50	10	3·79		4·91		6·17		7·00		5·58		5·46		10	50
			11		14		16		19		15		15		
4 0	8 0	3·90	10	5·05	13	6·33	15	7·19	18	5·73	14	5·61	14	2 0	10 0
10	7 50	4·00	8	5·18	11	6·48	14	7·37	16	5·87	13	5·75	12	1 50	10
20	40	4·08	8	5·29	10	6·62	13	7·53	15	6·00	12	5·87	11	40	20
30	30	4·16	6	5·39	9	6·75	12	7·68	13	6·12	10	5·98	11	30	30
40	20	4·22	6	5·48	8	6·87	10	7·81	11	6·22	9	6·09	9	20	40
50	10	4·28		5·56		6·97		7·92		6·31		6·18		10	50
			6		7		9		9		8		7		
5 0	7 0	4·34	5	5·63	7	7·06	8	8·01	9	6·39	7	6·25	7	1 0	11 0
10	6 50	4·39	3	5·70	5	7·14	6	8·10	7	6·46	5	6·32	5	0 50	10
20	40	4·42	3	5·75	4	7·20	5	8·17	6	6·51	5	6·37	4	40	20
30	30	4·45	2	5·79	2	7·25	3	8·23	4	6·56	3	6·41	3	30	30
40	20	4·47	1	5·81	1	7·28	2	8·27	2	6·59	1	6·44	2	20	40
50	10	4·48		5·82		7·30		8·29		6·60		6·46		10	50
			1		1		1		1		1		1		
6 0	6 0	4·49		5·83		7·31		8·30		6·61		6·47		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta).$$

Argument für T_α +		Tokio		Toulouse		Triest		Turin		Upsala		Utrecht		Argument für T_δ −	+
		0·7076		0·7810		0·7966		0·7923		0·8795		0·8395			
0h 0m	12h 0m	0″·00	32	0″·00	28	0″·00	27	0″·00	28	0″·00	19	0″·00	24	6h 0m	6h 0m
10	11 50	0·32	31	0·28	28	0·27	27	0·28	27	0·19	19	0·24	23	5 50	10
20	40	0·63	30	0·56	27	0·54	27	0·55	27	0·38	20	0·47	24	40	20
30	30	0·93	31	0·83	27	0·81	26	0·82	26	0·58	19	0·71	23	30	30
40	20	1·24	31	1·10	28	1·07	26	1·08	27	0·77	18	0·94	23	20	40
50	10	1·55	30	1·38	27	1·33	26	1·35	26	0·95	19	1·17	23	10	50
1 0	11 0	1·85	31	1·65	27	1·59	26	1·61	26	1·14	19	1·40	23	5 0	7 0
10	10 50	2·16	30	1·92	27	1·85	26	1·87	26	1·33	18	1·63	22	4 50	10
20	40	2·46	28	2·19	26	2·11	25	2·13	25	1·51	18	1·85	22	40	20
30	30	2·74	28	2·45	25	2·36	25	2·38	25	1·69	18	2·07	22	30	30
40	20	3·02	28	2·70	24	2·61	24	2·63	24	1·87	17	2·29	21	20	40
50	10	3·30	28	2·94	25	2·85	23	2·87	24	2·04	17	2·50	20	10	50
2 0	10 0	3·58	27	3·19	24	3·08	23	3·11	23	2·21	17	2·70	21	4 0	8 0
10	9 50	3·85	26	3·43	23	3·31	23	3·34	23	2·38	16	2·91	20	3 50	10
20	40	4·11	25	3·66	22	3·54	21	3·57	22	2·54	15	3·11	19	40	20
30	30	4·36	24	3·88	22	3·75	21	3·79	21	2·69	15	3·30	18	30	30
40	20	4·60	23	4·10	21	3·96	20	4·00	21	2·84	14	3·48	18	20	40
50	10	4·83	23	4·31	20	4·16	20	4·21	20	2·98	14	3·66	17	10	50
3 0	9 0	5·06	21	4·51	19	4·36	19	4·41	18	3·12	14	3·83	16	3 0	9 0
10	8 50	5·27	21	4·70	19	4·55	17	4·59	18	3·26	13	3·99	16	2 50	10
20	40	5·48	21	4·89	17	4·72	17	4·77	17	3·39	12	4·15	15	40	20
30	30	5·69	18	5·06	17	4·89	16	4·94	16	3·51	11	4·30	14	30	30
40	20	5·87	17	5·23	15	5·05	15	5·10	15	3·62	11	4·44	13	20	40
50	10	6·04	16	5·38	15	5·20	14	5·25	14	3·73	10	4·57	12	10	50
4 0	8 0	6·20	15	5·53	13	5·34	13	5·39	13	3·83	9	4·69	12	2 0	10 0
10	7 50	6·35	14	5·66	13	5·47	12	5·52	12	3·92	9	4·81	10	1 50	10
20	40	6·49	12	5·79	11	5·59	11	5·64	11	4·01	8	4·91	9	40	20
30	30	6·61	11	5·90	10	5·70	9	5·75	10	4·09	7	5·00	9	30	30
40	20	6·72	10	6·00	9	5·79	9	5·85	9	4·16	6	5·09	8	20	40
50	10	6·82	9	6·09	8	5·88	7	5·94	7	4·22	5	5·17	6	10	50
5 0	7 0	6·91	8	6·17	6	5·95	7	6·01	6	4·27	5	5·23	6	1 0	11 0
10	6 50	6·99	6	6·23	5	6·02	5	6·07	6	4·32	4	5·29	5	0 50	10
20	40	7·05	5	6·28	4	6·07	4	6·13	4	4·36	3	5·34	4	40	20
30	30	7·10	3	6·32	3	6·11	3	6·17	3	4·39	2	5·38	2	30	30
40	20	7·13	2	6·35	2	6·14	2	6·20	2	4·41	1	5·40	1	20	40
50	10	7·15	1	6·37	1	6·16	1	6·22	1	4·42	0	5·41	1	10	50
6 0	6 0	7·16		6·38		6·17		6·23		4·42		5·42		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetztem Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}(T_\delta \sin \delta + T_\delta' \cos \delta).$$

Argument für T_α +		Washington 0·7402		Wien 0·8150		Williamsbay 0·7725		Williamstown 0·7736		Windsor 0·6851$_n$		Zürich 0·8091		Argument für T_δ −	+
0h 0m	12h 0m	0″·00	30	0″·00	26	0″·00	29	0″·00	29	0″·00	33	0″·00	26	6h 0m	6h 0m
10	11 50	0·30	30	0·26	25	0·29	28	0·29	28	0·33	32	0·26	26	5 50	10
20	40	0·60	29	0·51	26	0·57	27	0·57	27	0·65	31	0·52	26	40	20
30	30	0·89	30	0·77	25	0·84	28	0·84	28	0·96	31	0·78	25	30	30
40	20	1·19	29	1·02	25	1·12	28	1·12	28	1·27	31	1·03	26	20	40
50	10	1·48	29	1·27	25	1·40	28	1·40	28	1·58	31	1·29	25	10	50
1 0	11 0	1·77	29	1·52	25	1·68	27	1·68	27	1·89	31	1·54	25	5 0	7 0
10	10 50	2·06	29	1·77	24	1·95	27	1·95	27	2·20	31	1·79	25	4 50	10
20	40	2·35	28	2·01	24	2·22	26	2·22	26	2·51	30	2·04	25	40	20
30	30	2·63	27	2·25	24	2·48	25	2·48	25	2·81	29	2·29	24	30	30
40	20	2·90	26	2·49	22	2·73	26	2·73	26	3·10	29	2·53	23	20	40
50	10	3·16	27	2·71	22	2·99	25	2·99	25	3·39	28	2·76	22	10	50
2 0	10 0	3·43	26	2·93	22	3·24	25	3·24	24	3·67	27	2·98	22	4 0	8 0
10	9 50	3·69	25	3·15	22	3·49	23	3·48	23	3·94	27	3·20	22	3 50	10
20	40	3·94	24	3·37	21	3·72	23	3·71	23	4·21	25	3·42	21	40	20
30	30	4·18	23	3·58	20	3·95	22	3·94	22	4·46	25	3·63	21	30	30
40	20	4·41	22	3·78	19	4·17	21	4·16	21	4·71	25	3·84	19	20	40
50	10	4·63	22	3·97	19	4·38	20	4·37	20	4·96	23	4·03	19	10	50
3 0	9 0	4·85	20	4·16	17	4·58	20	4·57	20	5·19	22	4·22	18	3 0	9 0
10	8 50	5·05	20	4·33	16	4·78	19	4·77	19	5·41	21	4·40	17	2 50	10
20	40	5·25	19	4·49	17	4·97	17	4·96	17	5·62	20	4·57	17	40	20
30	30	5·44	18	4·66	15	5·14	17	5·13	17	5·82	19	4·74	15	30	30
40	20	5·62	17	4·81	14	5·31	16	5·30	16	6·01	17	4·89	14	20	40
50	10	5·79	15	4·95	13	5·47	15	5·46	15	6·18	17	5·03	14	10	50
4 0	8 0	5·94	14	5·08	13	5·62	14	5·61	14	6·35	16	5·17	12	2 0	10 0
10	7 50	6·08	13	5·21	11	5·76	12	5·75	12	6·51	14	5·29	12	1 50	10
20	40	6·21	12	5·32	11	5·88	11	5·87	11	6·65	13	5·41	10	40	20
30	30	6·33	11	5·43	9	5·99	11	5·98	11	6·78	11	5·51	10	30	30
40	20	6·44	10	5·52	8	6·10	9	6·09	9	6·89	10	5·61	9	20	40
50	10	6·54	8	5·60	7	6·19	7	6·18	7	6·99	9	5·70	7	10	50
5 0	7 0	6·62	7	5·67	7	6·26	7	6·25	7	7·08	8	5·77	6	1 0	11 0
10	6 50	6·69	6	5·74	5	6·33	5	6·32	5	7·16	6	5·83	5	0 50	10
20	40	6·75	5	5·79	4	6·38	4	6·37	4	7·22	5	5·88	4	40	20
30	30	6·80	3	5·83	2	6·42	3	6·41	3	7·27	4	5·92	3	30	30
40	20	6·83	2	5·85	2	6·45	2	6·44	2	7·31	2	5·95	2	20	40
50	10	6·85	1	5·87	1	6·47	1	6·46	1	7·33	1	5·97	0	10	50
6 0	6 0	6·86		5·88		6·48		6·47		7·34		5·97		0 0	12 0

Wenn $t > 12^h$ sind T_α und T_δ mit dem Argument $t - 12^h$ und in beiden Fällen mit entgegengesetzten Vorzeichen zu nehmen.

$$\text{Par. in } \alpha = \frac{T_\alpha}{\Delta \cos \delta} \qquad \text{Par. in } \delta = \frac{1}{\Delta}(T_\delta \sin\delta + T_\delta' \cos\delta).$$

Tafel IV.

1) Anzahl der Tage vom Anfang des Jahres.

2) Verwandlung der Decimaltheile des Tages in Stunden, Minuten, Secunden und umgekehrt.

3) Verwandlung der mittleren Zeit in Sternzeit.

4) Verwandlung der Sternzeit in mittlere Zeit.

---

1) Anzahl der Tage vom Anfang des Jahres.

		Gemeinjahr	Schaltjahr
Januar	0	0	0
Februar	0	31	31
März	0	59	60
April	0	90	91
Mai	0	120	121
Juni	0	151	152
Juli	0	181	182
August	0	212	213
September	0	243	244
October	0	273	274
November	0	304	305
December	0	334	335

2) Tafel zur Verwandlung der Decimaltheile des Tages in Stunden, Minuten, Secunden und umgekehrt.

				0d·00		0·00	
0d·00	0h 0m 0s	0d·50	12h 0m 0s	00	0m 0s·00	50	7m 12s·00
0·01	0 14 24	0·51	12 14 24	01	0 8·64	51	7 20·64
0·02	0 28 48	0·52	12 28 48	02	0 17·28	52	7 29·28
0·03	0 43 12	0·53	12 43 12	03	0 25·92	53	7 37·92
0·04	0 57 36	0·54	12 57 36	04	0 34·56	54	7 46·56
0·05	1 12 0	0·55	13 12 0	05	0 43·20	55	7 55·20
0·06	1 26 24	0·56	13 26 24	06	0 51·84	56	8 3·84
0·07	1 40 48	0·57	13 40 48	07	1 0·48	57	8 12·48
0·08	1 55 12	0·58	13 55 12	08	1 9·12	58	8 21·12
0·09	2 9 36	0·59	14 9 36	09	1 17·76	59	8 29·76
0·10	2 24 0	0·60	14 24 0	10	1 26·40	60	8 38·40
0·11	2 38 24	0·61	14 38 24	11	1 35·04	61	8 47·04
0·12	2 52 48	0·62	14 52 48	12	1 43·68	62	8 55·68
0·13	3 7 12	0·63	15 7 12	13	1 52·32	63	9 4·32
0·14	3 21 36	0·64	15 21 36	14	2 0·96	64	9 12·96
0·15	3 36 0	0·65	15 36 0	15	2 9·60	65	9 21·60
0·16	3 50 24	0·66	15 50 24	16	2 18·24	66	9 30·24
0·17	4 4 48	0·67	16 4 48	17	2 26·88	67	9 38·88
0·18	4 19 12	0·68	16 19 12	18	2 35·52	68	9 47·52
0·19	4 33 36	0·69	16 33 36	19	2 44·16	69	9 56·16
0·20	4 48 0	0·70	16 48 0	20	2 52·80	70	10 4·80
0·21	5 2 24	0·71	17 2 24	21	3 1·44	71	10 13·44
0·22	5 16 48	0·72	17 16 48	22	3 10·08	72	10 22·08
0·23	5 31 12	0·73	17 31 12	23	3 18·72	73	10 30·72
0·24	5 45 36	0·74	17 45 36	24	3 27·36	74	10 39·36
0·25	6 0 0	0·75	18 0 0	25	3 36·00	75	10 48·00
0·26	6 14 24	0·76	18 14 24	26	3 44·64	76	10 56·64
0·27	6 28 48	0·77	18 28 48	27	3 53·28	77	11 5·28
0·28	6 43 12	0·78	18 43 12	28	4 1·92	78	11 13·92
0·29	6 57 36	0·79	18 57 36	29	4 10·56	79	11 22·56
0·30	7 12 0	0·80	19 12 0	30	4 19·20	80	11 31·20
0·31	7 26 24	0·81	19 26 24	31	4 27·84	81	11 39·84
0·32	7 40 48	0·82	19 40 48	32	4 36·48	82	11 48·48
0·33	7 55 12	0·83	19 55 12	33	4 45·12	83	11 57·12
0·34	8 9 36	0·84	20 9 36	34	4 53·76	84	12 5·76
0·35	8 24 0	0·85	20 24 0	35	5 2·40	85	12 14·40
0·36	8 38 24	0·86	20 38 24	36	5 11·04	86	12 23·04
0·37	8 52 48	0·87	20 52 48	37	5 19·68	87	12 31·68
0·38	9 7 12	0·88	21 7 12	38	5 28·32	88	12 40·32
0·39	9 21 36	0·89	21 21 36	39	5 36·96	89	12 48·96
0·40	9 36 0	0·90	21 36 0	40	5 45·60	90	12 57·60
0·41	9 50 24	0·91	21 50 24	41	5 54·24	91	13 6·24
0·42	10 4 48	0·92	22 4 48	42	6 2·88	92	13 14·88
0·43	10 19 12	0·93	22 19 12	43	6 11·52	93	13 23·52
0·44	10 33 36	0·94	22 33 36	44	6 20·16	94	13 32·16
0·45	10 48 0	0·95	22 48 0	45	6 28·80	95	13 40·80
0·46	11 2 24	0·96	23 2 24	46	6 37·44	96	13 49·44
0·47	11 16 48	0·97	23 16 48	47	6 46·08	97	13 58·08
0·48	11 31 12	0·98	23 31 12	48	6 54·72	98	14 6·72
0·49	11 45 36	0·99	23 45 36	49	7 3·36	99	14 15·36

0d·0000	
0	0″·000
1	0·864
2	1·728
3	2·592
4	3·456
5	4·320
6	5·184
7	6·048
8	6·912
9	7·776

0d·0000	
0	0″·0000
1	0·0864
2	0·1728
3	0·2592
4	0·3456
5	0·4320
6	0·5184
7	0·6048
8	0·6912
9	0·7776

3) Tafel zur Verwandlung der mittleren Zeit in Sternzeit.

Tafel 1

Red. auf Sternzt.	Mittl. Zeit
+0m 0s	0h 0m 0s
0 10	1 0 52
0 20	2 1 45
0 30	3 2 37
0 40	4 3 30
0 50	5 4 22
+1 0	6 5 15
1 10	7 6 7
1 20	8 6 59
1 30	9 7 52
1 40	10 8 44
1 50	11 9 37
+2 0	12 10 29
2 10	13 11 21
2 20	14 12 14
2 30	15 13 6
2 40	16 13 59
2 50	17 14 51
+3 0	18 15 44
3 10	19 16 36
3 20	20 17 28
3 30	21 18 21
3 40	22 19 13
3 50	23 20 6
+4 0	24 20 58

Tafel 2

Red.auf Sternzt.	Mittl. Zeit	Red.auf Sternzt.	Mittl. Zeit	Red.auf Sternzt.	Mittl. Zeit
+0s·0	0m 0s	+4s·0	24m 21s	+8s·0	48m 42s
0·1	0 37	4·1	24 58	8·1	49 19
0·2	1 13	4·2	25 34	8·2	49 55
0·3	1 50	4·3	26 11	8·3	50 32
0·4	2 26	4·4	26 47	8·4	51 8
0·5	3 3	4·5	27 24	8·5	51 45
0·6	3 39	4·6	28 0	8·6	52 21
0·7	4 16	4·7	28 37	8·7	52 58
0·8	4 52	4·8	29 13	8·8	53 34
0·9	5 29	4·9	29 50	8·9	54 11
+1·0	6 5	+5·0	30 26	+9·0	54 47
1·1	6 42	5·1	31 3	9·1	55 24
1·2	7 18	5·2	31 39	9·2	56 0
1·3	7 55	5·3	32 16	9·3	56 37
1·4	8 31	5·4	32 52	9·4	57 13
1·5	9 8	5·5	33 29	9·5	57 50
1·6	9 44	5·6	34 5	9·6	58 26
1·7	10 21	5·7	34 42	9·7	59 3
1·8	10 57	5·8	35 18	9·8	59 39
1·9	11 34	5·9	35 55	9·9	60 16
+2·0	12 10	+6·0	36 31		
2·1	12 47	6·1	37 8		
2·2	13 23	6·2	37 44		
2·3	14 0	6·3	38 21		
2·4	14 36	6·4	38 57		
2·5	15 13	6·5	39 34		
2·6	15 49	6·6	40 10		
2·7	16 26	6·7	40 47		
2·8	17 2	6·8	41 23		
2·9	17 39	6·9	42 0		
+3·0	18 16	+7·0	42 37		
3·1	18 53	7·1	43 14		
3·2	19 29	7·2	43 50		
3·3	20 6	7·3	44 27		
3·4	20 42	7·4	45 3		
3·5	21 19	7·5	45 40		
3·6	21 55	7·6	46 16		
3·7	22 32	7·7	46 53		
3·8	23 8	7·8	47 29		
3·9	23 45	7·9	48 6		

Tafel 3

Red. auf Sternzeit	M. Zt.
+0s·01	0m 4s
0·02	0 7
0·03	0 11
0·04	0 15
0·05	0 18
0·06	0 22
0·07	0 26
0·08	0 29
0·09	0 33
0·10	0 37

4) Tafel zur Verwandlung der Sternzeit in mittlere Zeit.

Tafel 1		Tafel 2						Tafel 3	
Red. auf M. Zt.	Sternzeit	Red. auf M. Zt.	Sternzeit	Red. auf M. Zt.	Sternzeit	Red. auf M. Zt.	Sternzeit	Red. auf M. Zt.	Sternz.
$-0^m\ 0^s$	$0^h\ 0^m\ 0^s$	$-0^s{\cdot}0$	$0^m\ 0^s$	$-4^s{\cdot}0$	$24^m\ 25^s$	$-8^s{\cdot}0$	$48^m\ 50^s$	$-0^s{\cdot}01$	$0^m\ 4^s$
0 10	1 1 2	0·1	0 37	4·1	25 2	8·1	49 27	0·02	0 7
0 20	2 2 5	0·2	1 13	4·2	25 38	8·2	50 3	0·03	0 11
0 30	3 3 7	0·3	1 50	4·3	26 15	8·3	50 40	0·04	0 15
0 40	4 4 10	0·4	2 26	4·4	26 51	8·4	51 16	0·05	0 18
0 50	5 5 12	0·5	3 3	4·5	27 28	8·5	51 53	0·06	0 22
		0·6	3 40	4·6	28 5	8·6	52 30	0·07	0 26
—1 0	6 6 15	0·7	4 16	4·7	28 41	8·7	53 6	0·08	0 29
1 10	7 7 17	0·8	4 53	4·8	29 18	8·8	53 43	0·09	0 33
1 20	8 8 19	0·9	5 30	4·9	29 55	8·9	54 20	0·10	0 37
1 30	9 9 22								
1 40	10 10 24	—1·0	6 6	—5·0	30 31	—9·0	54 56		
1 50	11 11 27	1·1	6 43	5·1	31 8	9·1	55 33		
		1·2	7 19	5·2	31 44	9·2	56 9		
—2 0	12 12 29	1·3	7 56	5·3	32 21	9·3	56 46		
2 10	13 13 31	1·4	8 32	5·4	32 57	9·4	57 22		
2 20	14 14 34	1·5	9 9	5·5	33 34	9·5	57 59		
2 30	15 15 36	1·6	9 46	5·6	34 11	9·6	58 36		
2 40	16 16 39	1·7	10 22	5·7	34 47	9·7	59 12		
2 50	17 17 41	1·8	10 59	5·8	35 24	9·8	59 49		
		1·9	11 36	5·9	36 1	9·9	60 26		
—3 0	18 18 44								
3 10	19 19 46	—2·0	12 12	—6·0	36 37				
3 20	20 20 48	2·1	12 49	6·1	37 14				
3 30	21 21 51	2·2	13 25	6·2	37 50				
3 40	22 22 53	2·3	14 2	6·3	38 27				
3 50	23 23 56	2·4	14 38	6·4	39 3				
		2·5	15 15	6·5	39 40				
—4 0	24 24 58	2·6	15 52	6·6	40 17				
		2·7	16 28	6·7	40 53				
		2·8	17 5	6·8	41 30				
		2·9	17 42	6·9	42 7				
		—3·0	18 19	—7·0	42 44				
		3·1	18 56	7·1	43 21				
		3·2	19 32	7·2	43 57				
		3·3	20 9	7·3	44 34				
		3·4	20 45	7·4	45 10				
		3·5	21 22	7·5	45 47				
		3·6	21 59	7·6	46 24				
		3·7	22 35	7·7	47 0				
		3·8	23 12	7·8	47 37				
		3·9	23 49	7·9	48 14				

Tafel V.

Tafeln zur Reduction der Circummeridianhöhen.

---

a: von $t = 0^m$ bis $t = 20^m$

$$m = 2\,R\,sin^2\,\tfrac{1}{2}\,t$$

$$n = 2\,R\,sin^4\,\tfrac{1}{2}\,t$$

b: von $t = 0^m$ bis $t = 60^m$

$$log\,m = log\,2\,R\,sin^2\,\tfrac{1}{2}\,t$$

$$log\,n = log\,2\,R\,sin^4\,\tfrac{1}{2}\,t$$

$m = 2R \sin^2 \frac{1}{2} t$ $\qquad R = 206264·8$

t	0m	1m	Δ	2m	Δ	3m	Δ	4m	Δ	5m	Δ	6m	Δ
0s	0″·00	1″·96	7	7″·85	13	17″·67	20	31″·42	26	49″·09	32	70″·68	39
1	0·00	2·03	7	7·98	14	17·87	20	31·68	26	49·41	33	71·07	40
2	0·00	2·10	6	8·12	13	18·07	20	31·94	26	49·74	33	71·47	39
3	0·00	2·16	7	8·25	14	18·27	20	32·20	27	50·07	33	71·86	40
4	0·01	2·23	8	8·39	13	18·47	20	32·47	27	50·40	33	72·26	40
5	0·01	2·31	7	8·52	14	18·67	20	32·74	27	50·73	34	72·66	40
6	0·02	2·38	7	8·66	14	18·87	20	33·01	26	51·07	33	73·06	40
7	0·02	2·45	7	8·80	14	19·07	21	33·27	27	51·40	34	73·46	40
8	0·03	2·52	8	8·94	14	19·28	20	33·54	27	51·74	33	73·86	40
9	0·04	2·60	7	9·08	14	19·48	21	33·81	28	52·07	34	74·26	40
10	0·05	2·67	8	9·22	14	19·69	21	34·09	27	52·41	34	74·66	40
11	0·06	2·75	8	9·36	14	19·90	21	34·36	28	52·75	34	75·06	41
12	0·08	2·83	8	9·50	14	20·11	21	34·64	27	53·09	34	75·47	41
13	0·09	2·91	8	9·64	15	20·32	21	34·91	28	53·43	34	75·88	41
14	0·11	2·99	8	9·79	15	20·53	21	35·19	27	53·77	34	76·29	40
15	0·12	3·07	8	9·94	15	20·74	21	35·46	28	54·11	35	76·69	41
16	0·14	3·15	8	10·09	15	20·95	21	35·74	28	54·46	34	77·10	41
17	0·16	3·23	9	10·24	15	21·16	22	36·02	28	54·80	35	77·51	42
18	0·18	3·32	8	10·39	15	21·38	22	36·30	28	55·15	35	77·93	41
19	0·20	3·40	9	10·54	15	21·60	22	36·58	29	55·50	34	78·34	41
20	0·22	3·49	9	10·69	15	21·82	21	36·87	28	55·84	35	78·75	41
21	0·24	3·58	9	10·84	16	22·03	22	37·15	29	56·19	36	79·16	42
22	0·26	3·67	9	11·00	15	22·25	22	37·44	28	56·55	35	79·58	42
23	0·28	3·76	9	11·15	16	22·47	23	37·72	29	56·90	35	80·00	42
24	0·31	3·85	9	11·31	16	22·70	22	38·01	29	57·25	35	80·42	42
25	0·34	3·94	9	11·47	16	22·92	22	38·30	29	57·60	36	80·84	42
26	0·37	4·03	9	11·63	16	23·14	23	38·59	29	57·96	36	81·26	42
27	0·40	4·12	10	11·79	16	23·37	23	38·88	29	58·32	36	81·68	42
28	0·43	4·22	10	11·95	16	23·60	22	39·17	29	58·68	35	82·10	42
29	0·46	4·32	10	12·11	16	23·82	23	39·46	30	59·03	36	82·52	43
30	0·49	4·42		12·27		24·05		39·76		59·39		82·95	

$n = 2R \sin^4 \frac{1}{2} t$ $\qquad R = 206264·8$

t	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m
0s				0″·001	0″·002	0″·007	0″·012
10				0·001	0·003	0·008	0·013
20				0·002	0·003	0·009	0·015
30				0·002	0·004	0·010	0·016

Proportionaltheile

	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1	2·7	2·8	2·9	3·0	3·1	3·2	3·3	3·4	3·5	3·6
2	5·4	5·6	5·8	6·0	6·2	6·4	6·6	6·8	7·0	7·2
3	8·1	8·4	8·7	9·0	9·3	9·6	9·9	10·2	10·5	10·8
4	10·8	11·2	11·6	12·0	12·4	12·8	13·2	13·6	14·0	14·4
5	13·5	14·0	14·5	15·0	15·5	16·0	16·5	17·0	17·5	18·0
6	16·2	16·8	17·4	18·0	18·6	19·2	19·8	20·4	21·0	21·6
7	18·9	19·6	20·3	21·0	21·7	22·4	23·1	23·8	24·5	25·2
8	21·6	22·4	23·2	24·0	24·8	25·6	26·4	27·2	28·0	28·8
9	24·3	25·2	26·1	27·0	27·9	28·8	29·7	30·6	31·5	32·4

$m = 2R \sin^2 \frac{1}{2} t$ $\qquad R = 206264{\cdot}8$

t	0^m	1^m		2^m		3^m		4^m		5^m		6^m	
30s	0″·49	4″·42	10	12″·27	16	24″·05	23	39″·76	29	59″·39	36	82″·95	43
31	0·52	4·52	10	12·43	17	24·28	23	40·05	30	59·75	36	83·38	43
32	0·56	4·62	10	12·60	16	24·51	23	40·35	30	60·11	36	83·81	42
33	0·59	4·72	10	12·76	17	24·74	24	40·65	30	60·47	37	84·23	43
34	0·63	4·82	10	12·93	17	24·98	23	40·95	30	60·84	36	84·66	43
35	0·67	4·92	11	13·10	17	25·21	24	41·25	30	61·20	37	85·09	43
36	0·71	5·03	10	13·27	17	25·45	23	41·55	30	61·57	37	85·52	43
37	0·75	5·13	11	13·44	18	25·68	24	41·85	30	61·94	37	85·95	44
38	0·79	5·24	10	13·62	17	25·92	24	42·15	30	62·31	37	86·39	43
39	0·83	5·34	11	13·79	17	26·16	24	42·45	31	62·68	37	86·82	44
40	0·87	5·45	11	13·96	17	26·40	24	42·76	30	63·05	37	87·26	44
41	0·91	5·56	11	14·13	18	26·64	24	43·06	31	63·42	37	87·70	44
42	0·96	5·67	11	14·31	18	26·88	24	43·37	31	63·79	37	88·14	43
43	1·01	5·78	12	14·49	18	27·12	25	43·68	31	64·16	38	88·57	44
44	1·06	5·90	11	14·67	18	27·37	24	43·99	31	64·54	37	89·01	44
45	1·10	6·01	12	14·85	18	27·61	25	44·30	31	64·91	38	89·45	44
46	1·15	6·13	11	15·03	18	27·86	24	44·61	31	65·29	38	89·89	44
47	1·20	6·24	12	15·21	18	28·10	25	44·92	32	65·67	38	90·33	45
48	1·26	6·36	12	15·39	18	28·35	25	45·24	31	66·05	38	90·78	45
49	1·31	6·48	12	15·57	19	28·60	25	45·55	32	66·43	38	91·23	45
50	1·36	6·60	12	15·76	19	28·85	25	45·87	31	66·81	38	91·68	44
51	1·42	6·72	12	15·95	19	29·10	26	46·18	32	67·19	39	92·12	45
52	1·48	6·84	12	16·14	18	29·36	25	46·50	32	67·58	38	92·57	45
53	1·53	6·96	13	16·32	19	29·61	25	46·82	32	67·96	39	93·02	45
54	1·59	7·09	12	16·51	19	29·86	26	47·14	32	68·35	38	93·47	45
55	1·65	7·21	13	16·70	19	30·12	26	47·46	33	68·73	39	93·92	46
56	1·71	7·34	13	16·89	19	30·38	26	47·79	32	69·12	39	94·38	45
57	1·77	7·47	13	17·08	20	30·64	26	48·11	32	69·51	39	94·83	46
58	1·83	7·60	12	17·28	19	30·90	26	48·43	33	69·90	39	95·29	45
59	1·89	7·72	13	17·47	20	31·16	26	48·76	33	70·29	39	95·74	46
60	1·96	7·85		17·67		31·42		49·09		70·68		96·20	

$n = 2R \sin^4 \frac{1}{2} t$ $\qquad R = 206264{\cdot}8$

t	0^m	1^m	2^m	3^m	4^m	5^m	6^m
30s			0″·000	0″·002	0″·004	0″·010	0″·016
40			0·001	0·002	0·005	0·011	0·018
50			0·001	0·002	0·006	0·012	0·020
60			0·001	0·002	0·007	0·012	0·022

Proportionaltheile

	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
1	3·7	3·8	3·9	4·0	4·1	4·2	4·3	4·4	4·5	4·6
2	7·4	7·6	7·8	8·0	8·2	8·4	8·6	8·8	9·0	9·2
3	11·1	11·4	11·7	12·0	12·3	12·6	12·9	13·2	13·5	13·8
4	14·8	15·2	15·6	16·0	16·4	16·8	17·2	17·6	18·0	18·4
5	18·5	19·0	19·5	20·0	20·5	21·0	21·5	22·0	22·5	23·0
6	22·2	22·8	23·4	24·0	24·6	25·2	25·8	26·4	27·0	27·6
7	25·9	26·6	27·3	28·0	28·7	29·4	30·1	30·8	31·5	32·2
8	29·6	30·4	31·2	32·0	32·8	33·6	34·4	35·2	36·0	36·8
9	33·3	34·2	35·1	36·0	36·9	37·8	38·7	39·6	40·5	41·4

$m = 2 R \sin^2 \frac{1}{2} t$ $R = 206264·8$

t	7m		8m		9m		10m		11m		12m		13m	
0s	96″·20	46	125″·65	52	159″·02	59	196″·32	65	237″·54	72	282″·68	79	331″·74	85
1	96·66	46	126·17	53	159·61	59	196·97	66	238·26	72	283·47	79	332·59	85
2	97·12	46	126·70	52	160·20	60	197·63	65	238·98	72	284·26	78	333·44	85
3	97·58	46	127·22	53	160·80	59	198·28	66	239·70	72	285·04	79	324·29	86
4	98·04	46	127·75	53	161·39	59	198·94	66	240·42	72	285·83	79	335·15	85
5	98·50	47	128·28	53	161·98	60	199·60	66	241·14	73	286·62	79	336·00	86
6	98·97	46	128·81	53	162·58	59	200·26	66	241·87	73	287·41	79	336·86	86
7	99·43	47	129·34	53	163·17	60	200·92	67	242·60	73	288·20	80	337·72	86
8	99·90	47	129·87	53	163·77	60	201·59	66	243·33	73	289·00	79	338·58	86
9	100·37	47	130·40	54	164·37	60	202·25	67	244·06	73	289·79	79	339·44	86
10	100·84	47	130·94	53	164·97	60	202·92	66	244·79	73	290·58	80	340·30	86
11	101·31	47	131·47	54	165·57	60	203·58	67	245·52	73	291·38	80	341·16	86
12	101·78	47	132·01	54	166·17	60	204·25	67	246·25	73	292·18	80	342·02	86
13	102·25	47	132·55	54	166·77	60	204·92	67	246·98	74	292·98	80	342·88	87
14	102·72	48	133·09	54	167·37	60	205·59	67	247·72	73	293·78	80	343·75	87
15	103·20	47	133·63	54	167·97	61	206·26	67	248·45	74	294·58	80	344·62	87
16	103·67	48	134·17	54	168·58	61	206·93	67	249·19	74	295·38	80	345·49	87
17	104·15	48	134·71	54	169·19	61	207·60	67	249·93	74	296·18	81	346·36	87
18	104·63	47	135·25	55	169·80	61	208·27	67	250·67	74	296·99	80	347·23	87
19	105·10	48	135·80	54	170·41	61	208·94	68	251·41	74	297·79	81	348·10	87
20	105·58	48	136·34	54	171·02	61	209·62	68	252·15	74	298·60	80	348·97	87
21	106·06	49	136·88	55	171·63	61	210·30	68	252·89	74	299·40	81	349·84	87
22	106·55	48	137·43	55	172·24	61	210·98	68	253·63	74	300·21	81	350·71	87
23	107·03	48	137·98	55	172·85	62	211·66	68	254·37	75	301·02	81	351·58	88
24	107·51	48	138·53	55	173·47	61	212·34	68	255·12	75	301·83	81	352·46	88
25	107·99	49	139·08	55	174·08	62	213·02	68	255·87	75	302·64	82	353·34	88
26	108·48	49	139·63	55	174·70	62	213·70	68	256·62	75	303·46	81	354·22	88
27	108·97	49	140·18	56	175·32	62	214·38	69	257·37	75	304·27	82	355·10	88
28	109·46	49	140·74	55	175·94	62	215·07	68	258·12	75	305·09	81	355·98	88
29	109·95	49	141·29	56	176·56	62	215·75	69	258·87	75	305·90	82	356·86	88
30	110·44		141·85		177·18		216·44		259·62		306·72		357·74	

$n = 2 R \sin^4 \frac{1}{2} t$ $R = 206264·8$

t	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m
0s	0″·022	0″·038	0″·061	0″·093	0″·137	0″·194	0″·267
10	0·024	0·041	0·066	0·099	0·146	0·205	0·281
20	0·026	0·045	0·071	0·106	0·155	0·217	0·296
30	0·029	0·049	0·076	0·113	0·164	0·229	0·311

Proportionaltheile

	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	58	60	62	64
1	4·6	4·7	4·8	4·9	5·0	5·1	5·2	5·3	5·4	5·5	5·6	5·8	6·0	6·2	6·4
2	9·2	9·4	9·6	9·8	10·0	10·2	10·4	10·6	10·8	11·0	11·2	11·6	12·0	12·4	12·8
3	13·8	14·1	14·4	14·7	15·0	15·3	15·6	15·9	16·2	16·5	16·8	17·4	18·0	18·6	19·2
4	18·4	18·8	19·2	19·6	20·0	20·4	20·8	21·2	21·6	22·0	22·4	23·2	24·0	24·8	25·6
5	23·0	23·5	24·0	24·5	25·0	25·5	26·0	26·5	27·0	27·5	28·0	29·0	30·0	31·0	32·0
6	27·6	28·2	28·8	29·4	30·0	30·6	31·2	31·8	32·4	33·0	33·6	34·8	36·0	37·2	38·4
7	32·2	32·9	33·6	34·3	35·0	35·7	36·4	37·1	37·8	38·5	39·2	40·6	42·0	43·4	44·8
8	36·8	37·6	38·4	39·2	40·0	40·8	41·6	42·4	43·2	44·0	44·8	46·4	48·0	49·6	51·2
9	41·4	42·3	43·2	44·1	45·0	45·9	46·8	47·7	48·6	49·5	50·4	52·2	54·0	55·8	57·6

$m = 2\,R\,sin^2\,\frac{1}{2}\,t$ $\qquad R = 206264{\cdot}8$

t	7m		8m		9m		10m		11m		12m		13m	
30s	110″·44	49	141″·85	55	177″·18	62	216″·44	68	259″·62	75	306″·72	82	357″·74	88
31	110·93	50	142·40	56	177·80	63	217·12	69	260·37	75	307·54	82	358·62	89
32	111·43	49	142·96	56	178·43	62	217·81	69	261·12	76	308·36	82	359·51	88
33	111·92	49	143·52	56	179·05	63	218·50	69	261·88	76	209·18	82	360·39	89
34	112·41	49	144·08	56	179·68	62	219·19	69	262·64	75	310·00	82	361·28	89
35	112·90	50	144·64	56	180·30	63	219·88	70	263·39	76	310·82	83	362·17	90
36	113·40	50	145·20	56	180·93	63	220·58	69	264·15	76	311·65	82	363·07	89
37	113·90	50	145·76	57	181·56	63	221·27	70	264·91	77	312·47	83	363·96	89
38	114·40	50	146·33	56	182·19	63	221·97	69	265·68	76	313·30	82	364·85	90
39	114·90	50	146·89	57	182·82	64	222·66	70	266·44	76	314·12	83	365·75	89
40	115·40	50	147·46	57	183·46	63	223·36	70	267·20	76	314·95	83	366·64	89
41	115·90	50	148·03	57	184·09	63	224·06	70	267·96	77	315·78	83	367·53	89
42	116·40	50	148·60	57	184·72	63	224·76	70	268·73	76	316·61	83	368·42	89
43	116·90	51	149·17	57	185·35	64	225·46	70	269·49	77	317·44	83	369·31	90
44	117·41	51	149·74	57	185·99	64	226·16	70	270·26	76	318·27	83	370·21	90
45	117·92	51	150·31	57	186·63	64	226·86	71	271·02	77	319·10	84	371·11	90
46	118·43	51	150·88	57	187·27	64	227·57	70	271·79	77	319·94	84	372·01	90
47	118·94	51	151·45	58	187·91	64	228·27	71	272·56	78	320·78	84	372·91	91
48	119·45	51	152·03	58	188·55	64	228·98	70	273·34	77	321·62	83	373·82	90
49	119·96	51	152·61	58	189·19	64	229·68	71	274·11	77	322·45	84	374·72	90
50	120·47	51	153·19	58	189·83	64	230·39	71	274·88	77	323·29	84	375·62	90
51	120·98	51	153·77	58	190·47	65	231·10	71	275·65	78	324·13	84	376·52	91
52	121·49	52	154·35	58	191·12	64	231·81	71	276·43	77	324·97	84	377·43	91
53	122·01	52	154·93	58	191·76	65	232·52	72	277·20	78	325·81	85	378·34	92
54	122·53	52	155·51	58	192·41	65	233·24	71	277·98	78	326·66	84	379·26	91
55	123·05	52	156·09	58	193·06	65	233·95	72	278·76	79	327·50	85	380·17	91
56	123·57	52	156·67	58	193·71	65	234·67	71	279·55	78	328·35	84	381·08	91
57	124·09	52	157·25	59	194·36	65	235·38	72	280·33	79	329·19	85	381·99	91
58	124·61	52	157·84	59	195·01	65	236·10	72	281·12	78	330·04	85	382·90	92
59	125·13	52	158·43	59	195·66	66	236·82	72	281·90	78	330·89	85	383·82	92
60	125·65		159·02		196·32		237·54		282·68		331·74		384·74	

$n = 2\,R\,sin^4\,\frac{1}{2}\,t$ $\qquad R = 206264{\cdot}8$

30s	0″·029	0″·049	0″·076	0″·113	0″·164	0″·229	0″·311
40	0·032	0·053	0·081	0·121	0·174	0·241	0·327
50	0·035	0·057	0·087	0·129	0·184	0·254	0·343
60	0·038	0·061	0·093	0·137	0·194	0·267	0·359

Proportionaltheile

	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92
1	6·6	6·8	7·0	7·2	7·4	7·6	7·8	8·0	8·2	8·4	8·6	8·8	9·0	9·2
2	13·2	13·6	14·0	14·4	14·8	15·2	15·6	16·0	16·4	16·8	17·2	17·6	18·0	18·4
3	19·8	20·4	21·0	21·6	22·2	22·8	23·4	24·0	24·6	25·2	25·8	26·4	27·0	27·6
4	26·4	27·2	28·0	28·8	29·6	30·4	31·2	32·0	32·8	33·6	34·4	35·2	36·0	36·8
5	33·0	34·0	35·0	36·0	37·0	38·0	39·0	40·0	41·0	42·0	43·0	44·0	45·0	46·0
6	39·6	40·8	42·0	43·2	44·4	45·6	46·8	48·0	49·2	50·4	51·6	52·8	54·0	55·2
7	46·2	47·6	49·0	50·4	51·8	53·2	54·6	56·0	57·4	58·8	60·2	61·6	63·0	64·4
8	52·8	54·4	56·0	57·6	59·2	60·8	62·4	64·0	65·6	67·2	68·8	70·4	72·0	73·6
9	59·4	61·2	63·0	64·8	66·6	68·4	70·2	72·0	73·8	75·6	77·4	79·2	81·0	82·8

$m = 2R\sin^2 \frac{1}{2} t$ $\qquad$ $R = 206264·8$

t	14m	d	15m	d	16m	d	17m	d	18m	d	19m	d
0s	384″·74	91	441″·63	99	502″·46	104	567″·19	111	635″·85	117	708″·42	124
1	385·65	91	442·62	98	503·50	105	568·30	112	637·02	118	709·66	124
2	386·56	92	443·60	98	504·55	105	569·42	111	638·20	118	710·90	125
3	387·48	92	444·58	98	505·60	105	570·53	112	639·38	118	712·15	124
4	388·40	92	445·56	99	506·65	105	571·65	111	640·56	118	713·39	125
5	389·32	92	446·55	99	507·70	106	572·76	112	641·74	119	714·64	125
6	390·24	92	447·54	99	508·76	105	573·88	112	642·93	118	715·89	125
7	391·16	93	448·53	98	509·81	105	575·00	112	644·11	119	717·14	125
8	392·09	92	449·51	99	510·86	106	576·12	112	645·30	118	718·39	125
9	393·01	93	450·50	100	511·92	106	577·24	112	646·48	119	719·64	125
10	393·94	92	451·50	99	512·98	105	578·36	112	647·67	119	720·89	126
11	394·86	93	452·49	99	514·03	106	579·48	113	648·86	119	722·15	125
12	395·79	93	453·48	100	515·09	106	580·61	112	650·05	119	723·40	126
13	396·72	93	454·48	99	516·15	106	581·73	113	651·24	119	724·66	125
14	397·65	93	455·47	100	517·21	106	582·86	113	652·43	119	725·91	126
15	398·58	94	456·47	100	518·27	107	583·99	113	653·62	120	727·17	126
16	399·52	93	457·47	100	519·34	106	585·12	113	654·82	119	728·43	126
17	400·45	93	458·47	100	520·40	107	586·25	113	656·01	120	729·30	126
18	401·38	94	459·47	100	521·47	106	587·38	113	657·21	119	730·95	126
19	402·32	94	460·47	100	522·53	107	588·51	113	658·40	120	732·21	127
20	403·26	94	461·47	101	523·60	107	589·64	113	659·60	120	733·48	126
21	404·20	94	462·48	100	524·67	107	590·77	114	660·80	120	734·74	127
22	405·14	94	463·48	100	525·74	107	591·91	114	662·00	120	736·01	126
23	406·08	94	464·48	101	526·81	108	593·05	113	663·20	120	737·27	127
24	407·02	94	465·49	101	527·89	107	594·18	114	664·40	121	738·54	127
25	407·96	94	466·50	101	528·96	107	595·32	114	665·61	120	739·81	127
26	408·90	94	467·51	101	530·03	108	596·46	114	666·81	121	741·08	127
27	409·84	95	468·52	101	531·11	107	597·60	114	668·02	120	742·35	127
28	410·79	94	469·53	101	532·18	108	598·74	114	669·22	121	743·62	127
29	411·73	95	470·54	101	533·26	107	599·88	115	670·43	121	744·89	128
30	412·68		471·55		534·33		601·03		671·64		746·17	

$n = 2R\sin^4 \frac{1}{2} t$ $\qquad$ $R = 206264·8$

t	14m	15m	16m	17m	18m	19m
0s	0″·359	0″·473	0″·612	0″·780	0″·980	1″·216
10	0·376	0·495	0·638	0·811	1·016	1·259
20	0·394	0·517	0·665	0·843	1·054	1·304
30	0·413	0·540	0·693	0·876	1·093	1·350

Proportionaltheile

	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118
1	9·2	9·4	9·6	9·8	10·0	10·2	10·4	10·6	10·8	11·0	11·2	11·4	11·6	11·8
2	18·4	18·8	19·2	19·6	20·0	20·4	20·8	21·2	21·6	22·0	22·4	22·8	23·2	23·6
3	27·6	28·2	28·8	29·4	30·0	30·6	31·2	31·8	32·4	33·0	33·6	34·2	34·8	35·4
4	36·8	37·6	38·4	39·2	40·0	40·8	41·6	42·4	43·2	44·0	44·8	45·6	46·4	47·2
5	46·0	47·0	48·0	49·0	50·0	51·0	52·0	53·0	54·0	55·0	56·0	57·0	58·0	59·0
6	55·2	56·4	57·6	58·8	60·0	61·2	62·4	63·6	64·8	66·0	67·2	68·4	69·6	70·8
7	64·4	65·8	67·2	68·6	70·0	71·4	72·8	74·2	75·6	77·0	78·4	79·8	81·2	82·6
8	73·6	75·2	76·8	78·4	80·0	81·6	83·2	84·8	86·4	88·0	89·6	91·2	92·8	94·4
9	82·8	84·6	86·4	88·2	90·0	91·8	93·6	95·4	97·2	99·0	100·8	102·6	104·4	106·2

$m = 2R \sin^2 \frac{1}{2} t$ $R = 206264 \cdot 8$

t	14^m		15^m		16^m		17^m		18^m		19^m	
30^s	412″·68	95	471″·55	102	534″·33	108	601″·02	115	671″·64	121	746″·17	127
31	413·63	96	472·57	101	535·41	109	602·17	115	672·85	121	747·44	128
32	414·59	95	473·58	102	536·50	108	603·32	115	674·06	122	748·72	128
33	415·54	95	474·60	102	537·58	109	604·47	114	675·28	121	750·00	128
34	416·49	95	475·62	102	538·67	108	605·61	115	676·49	121	751·28	128
35	417·44	96	476·64	101	539·75	108	606·76	115	677·70	122	752·56	128
36	418·40	95	477·65	102	540·83	108	607·91	115	678·92	121	753·84	128
37	419·35	96	478·67	103	541·91	109	609·06	116	680·13	122	755·12	128
38	420·31	96	479·70	102	543·00	109	610·22	115	681·35	122	756·40	128
39	421·27	96	480·72	102	544·09	109	611·37	116	682·57	122	757·68	129
40	422·23	96	481·74	103	545·18	109	612·53	115	683·79	122	758·97	129
41	423·19	96	482·77	102	546·27	109	613·68	116	685·01	122	760·26	128
42	424·15	96	483·79	103	547·36	109	614·84	116	686·23	123	761·54	129
43	425·11	96	484·82	103	548·45	110	616·00	115	687·46	122	762·83	129
44	426·07	97	485·85	103	549·55	109	617·15	116	688·68	123	764·12	129
45	427·04	97	486·88	103	550·64	109	618·31	117	689·91	122	765·41	129
46	428·01	96	487·91	103	551·73	110	619·48	116	691·13	123	766·70	130
47	428·97	96	488·94	103	552·83	110	620·64	116	692·36	123	768·00	129
48	429·93	97	489·97	104	553·93	110	621·80	117	693·59	123	769·29	129
49	430·90	97	491·01	104	555·03	110	622·97	116	694·82	123	770·58	130
50	431·87	97	492·05	103	556·13	111	624·13	117	696·05	123	771·88	130
51	432·84	98	493·08	104	557·24	110	625·30	117	697·28	123	773·18	130
52	433·82	97	494·12	103	558·34	110	626·47	116	698·51	124	774·48	130
53	434·79	97	495·15	104	559·44	111	627·63	117	699·75	123	775·78	130
54	435·76	97	496·19	104	560·55	110	628·80	118	700·98	124	777·08	130
55	436·73	98	497·23	105	561·65	111	629·98	117	702·22	124	778·38	130
56	437·71	98	498·28	104	562·76	111	631·15	117	703·46	123	779·68	130
57	438·69	98	499·32	105	563·87	111	632·32	117	704·69	124	780·98	131
58	439·67	98	500·37	104	564·98	110	633·49	118	705·93	124	782·29	130
59	440·65	98	501·41	105	566·08	111	634·67	118	707·17	125	783·59	131
60	441·63		502·46		567·19		635·85		708·42		784·90	

$n = 2R \sin^4 \frac{1}{2} t$ $R = 206264 \cdot 8$

30^s	0″·413	0″·540	0″·693	0″·876	1″·093	1″·350
40	0·432	0·563	0·721	0·910	1·133	1·397
50	0·452	0·587	0·750	0·945	1·174	1·445
60	0·473	0·612	0·780	0·980	1·216	1·493

Proportionaltheile

	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131
1	12·0	12·1	12·2	12·3	12·4	12·5	12·6	12·7	12·8	12·9	13·0	13·1
2	24·0	24·2	24·4	24·6	24·8	25·0	25·2	25·4	25·6	25·8	26·0	26·2
3	36·0	36·3	36·6	36·9	37·2	37·5	37·8	38·1	38·4	38·7	39·0	39·3
4	48·0	48·4	48·8	49·2	49·6	50·0	50·4	50·8	51·2	51·6	52·0	52·4
5	60·0	60·5	61·0	61·5	62·0	62·5	63·0	63·5	64·0	64·5	65·0	65·5
6	72·0	72·6	73·2	73·8	74·4	75·0	75·6	76·2	76·8	77·4	78·0	78·6
7	84·0	84·7	85·4	86·1	86·8	87·5	88·2	88·9	89·6	90·3	91·0	91·7
8	96·0	96·8	97·6	98·4	99·2	100·0	100·8	101·6	102·4	103·2	104·0	104·8
9	108·0	108·9	109·8	110·7	111·6	112·5	113·4	114·3	115·2	116·1	117·0	117·9

$log\ m = log\ 2\ R\ sin^2\ \frac{1}{2}\ t$ $R = 206264{\cdot}8$

t	0m		1m		2m		3m		4m		5m	
0s	— ∞		0·29303	1436	0·89509	721	1·24727	481	1·49714	362	1·69096	289
1	6·73673	60206	0·30739	1412	0·90230	715	1·25208	479	1·50075	358	1·69385	288
2	7·33879	35218	0·32151	1390	0·90945	709	1·25687	476	1·50435	358	1·69673	287
3	7·69097	24988	0·33541	1368	0·91654	703	1·26163	473	1·50793	357	1·69960	286
4	7·94085	19382	0·34909	1346	0·92357	698	1·26636	471	1·51150	355	1·70246	285
5	8·13467	15836	0·36255	1326	0·93055	692	1·27107	468	1·51505	354	1·70531	284
6	8·29303	13389	0·37581	1307	0·93747	687	1·27575	466	1·51859	352	1·70815	284
7	8·42692	11599	0·38888	1286	0·94434	681	1·28041	463	1·52211	351	1·71099	283
8	8·54291	10230	0·40174	1268	0·95115	676	1·28504	461	1·52562	350	1·71382	281
9	8·64521	9152	0·41442	1250	0·95791	671	1·28965	458	1·52912	348	1·71663	281
10	8·73673	8278	0·42692	1233	0·96462	665	1·29423	456	1·53260	346	1·71944	279
11	8·81951	7558	0·43925	1215	0·97127	661	1·29879	453	1·53606	346	1·72223	279
12	8·89509	6952	0·45140	1198	0·97788	655	1·30332	451	1·53952	344	1·72502	278
13	8·96461	6437	0·46338	1181	0·98443	651	1·30783	449	1·54296	343	1·72780	277
14	9·02898	5993	0·47519	1166	0·99094	646	1·31232	447	1·54639	341	1·73057	276
15	9·08891	5606	0·48685	1151	0·99740	641	1·31679	444	1·54980	340	1·73333	275
16	9·14497	5266	0·49836	1135	1·00381	636	1·32123	443	1·55320	339	1·73608	275
17	9·19763	4964	0·50971	1121	1·01017	632	1·32566	440	1·55659	337	1·73883	274
18	9·24727	4696	0·52092	1106	1·01649	627	1·33006	437	1·55996	336	1·74157	272
19	9·29423	4456	0·53198	1093	1·02276	622	1·33443	435	1·56332	335	1·74429	272
20	9·33879	4238	0·54291	1079	1·02898	619	1·33878	433	1·56667	333	1·74701	271
21	9·38117	4040	0·55370	1066	1·03517	614	1·34311	432	1·57000	332	1·74972	270
22	9·42157	3861	0·56436	1053	1·04131	609	1·34743	429	1·57332	331	1·75242	269
23	9·46018	3697	0·57489	1040	1·04740	605	1·35172	426	1·57663	330	1·75511	269
24	9·49715	3546	0·58529	1028	1·05345	601	1·35598	424	1·57993	328	1·75780	268
25	9·53261	3406	0·59557	1016	1·05946	597	1·36022	423	1·58321	327	1·76048	266
26	9·56667	3278	0·60573	1004	1·06543	593	1·36445	421	1·58648	326	1·76314	266
27	9·59945	3159	0·61577	993	1·07136	589	1·36866	419	1·58974	325	1·76580	266
28	9·63104	3048	0·62570	981	1·07725	585	1·37285	417	1·59299	323	1·76846	264
29	9·66152	2945	0·63551	970	1·08310	581	1·37702	414	1·59622	323	1·77110	263
30	9·69097		0·64521		1·08891		1·38116		1·59945		1·77373	

$log\ n = log\ 2\ R\ sin^4\ \frac{1}{2}\ t$ $R = 206264{\cdot}8$

0s					7·3788	7·7664
10						
20						
30					7·5834	7·9320

Proportionaltheile

	530	520	510	500	490	480	470	460	450	440	430	420	410	400	390
1	53·0	52·0	51·0	50·0	49·0	48·0	47·0	46·0	45·0	44·0	43·0	42·0	41·0	40·0	39·0
2	106·0	104·0	102·0	100·0	98·0	96·0	94·0	92·0	90·0	88·0	86·0	84·0	82·0	80·0	78·0
3	159·0	156·0	153·0	150·0	147·0	144·0	141·0	138·0	135·0	132·0	129·0	126·0	123·0	120·0	117·0
4	212·0	208·0	204·0	200·0	196·0	192·0	188·0	184·0	180·0	176·0	172·0	168·0	164·0	160·0	156·0
5	265·0	260·0	255·0	250·0	245·0	240·0	235·0	230·0	225·0	220·0	215·0	210·0	205·0	200·0	195·0
6	318·0	312·0	306·0	300·0	294·0	288·0	282·0	276·0	270·0	264·0	258·0	252·0	246·0	240·0	234·0
7	371·0	364·0	357·0	350·0	343·0	336·0	329·0	322·0	315·0	308·0	301·0	294·0	287·0	280·0	273·0
8	424·0	416·0	408·0	400·0	392·0	384·0	376·0	368·0	360·0	352·0	344·0	336·0	328·0	320·0	312·0
9	477·0	468·0	459·0	450·0	441·0	432·0	423·0	414·0	405·0	396·0	387·0	378·0	369·0	360·0	351·0

$\log m = \log 2R \sin^2 \tfrac{1}{2} t$ $\qquad R = 206264{\cdot}8$

t	0^m		1^m		2^m		3^m		4^m		5^m	
30^s	9·69097	2848	0·64521	960	1·08891	577	1·38116	413	1·59945	321	1·77373	263
31	9·71945	2758	0·65481	950	1·09468	574	1·38529	411	1·60266	320	1·77636	262
32	9·74703	2673	0·66431	939	1·10042	569	1·38940	408	1·60586	318	1·77898	262
33	9·77376	2592	0·67370	929	1·10611	566	1·39348	407	1·60904	318	1·78160	260
34	9·79968	2518	0·68299	919	1·11177	562	1·39755	405	1·61222	316	1·78420	260
35	9·82486	2447	0·69218	909	1·11739	559	1·40160	403	1·61538	316	1·78680	258
36	9·84933	2380	0·70127	900	1·12298	555	1·40563	401	1·61854	314	1·78938	259
37	9·87313	2316	0·71027	891	1·12853	551	1·40964	400	1·62168	313	1·79197	257
38	9·89629	2257	0·71918	882	1·13404	548	1·41364	397	1·62481	312	1·79454	256
39	9·91886		0·72800		1·13952		1·41761		1·62793		1·79710	
		2199		873		545		396		310		256
40	9·94085	2144	0·73673	864	1·14497	541	1·42157	394	1·63103	310	1·79966	255
41	9·96229	2094	0·74537	856	1·15038	538	1·42551	392	1·63413	309	1·80221	255
42	9·98323	2043	0·75393	847	1·15576	534	1·42943	390	1·63722	307	1·80476	253
43	0·00366	1997	0·76240	840	1·16110	531	1·43333	389	1·64029	306	1·80729	253
44	0·02363	1952	0·77080	831	1·16641	528	1·43722	387	1·64335	306	1·80982	252
45	0·04315	1909	0·77911	823	1·17169	525	1·44109	385	1·64641	304	1·81234	252
46	0·06224	1868	0·78734	816	1·17694	522	1·44494	383	1·64945	303	1·81486	250
47	0·08092	1829	0·79550	808	1·18216	519	1·44877	382	1·65248	302	1·81736	250
48	0·09921	1791	0·80358	800	1·18735	515	1·45259	380	1·65550	301	1·81986	250
49	0·11712		0·81158		1·19250		1·45639		1·65851		1·82236	
		1755		794		512		379		300		248
50	0·13467	1720	0·81952	786	1·19762	509	1·46018	377	1·66151	299	1·82484	248
51	0·15187	1686	0·82738	779	1·20271	507	1·46395	375	1·66450	298	1·82732	247
52	0·16873	1655	0·83517	771	1·20778	503	1·46770	373	1·66748	297	1·82979	246
53	0·18528	1623	0·84288	765	1·21281	501	1·47143	372	1·67045	296	1·83225	246
54	0·20151	1594	0·85053	759	1·21782	498	1·47515	371	1·67341	295	1·83471	245
55	0·21745	1565	0·85812	752	1·22280	495	1·47886	369	1·67636	294	1·83716	244
56	0·23310	1538	0·86564	746	1·22775	492	1·48255	367	1·67930	293	1·83960	244
57	0·24848	1510	0·87310	739	1·23267	489	1·48622	366	1·68223	292	1·84204	243
58	0·26358	1485	0·88049	733	1·23756	487	1·48988	364	1·68515	291	1·84447	243
59	0·27843		0·88782		1·24243		1·49352		1·68806		1·84690	
		1460		727		484		362		290		241
60	0·29303		0·89509		1·24727		1·49714		1·69096		1·84931	

$\log n = \log 2R \sin^4 \tfrac{1}{2} t$ $\qquad R = 206264{\cdot}8$

t	0^m	1^m	2^m	3^m	4^m	5^m
30^s					7·5834	7·9320
40						
50						
60					7·7664	8·0832

Proportionaltheile

	380	370	360	350	340	330	320	310	300	290	280	270	260	250	240
1	38·0	37·0	36·0	35·0	34·0	33·0	32·0	31·0	30·0	29·0	28·0	27·0	26·0	25·0	24·0
2	76·0	74·0	72·0	70·0	68·0	66·0	64·0	62·0	60·0	58·0	56·0	54·0	52·0	50·0	48·0
3	114·0	111·0	108·0	105·0	102·0	99·0	96·0	93·0	90·0	87·0	84·0	81·0	78·0	75·0	72·0
4	152·0	148·0	144·0	140·0	136·0	132·0	128·0	124·0	120·0	116·0	112·0	108·0	104·0	100·0	96·0
5	190·0	185·0	180·0	175·0	170·0	165·0	160·0	155·0	150·0	145·0	140·0	135·0	130·0	125·0	120·0
6	228·0	222·0	216·0	210·0	204·0	198·0	192·0	186·0	180·0	174·0	168·0	162·0	156·0	150·0	144·0
7	266·0	259·0	252·0	245·0	238·0	231·0	224·0	217·0	210·0	203·0	196·0	189·0	182·0	175·0	168·0
8	304·0	296·0	288·0	280·0	272·0	264·0	256·0	248·0	240·0	232·0	224·0	216·0	208·0	200·0	192·0
9	342·0	333·0	324·0	315·0	306·0	297·0	288·0	279·0	270·0	261·0	252·0	243·0	234·0	225·0	236·0

log m = log 2 R sin² ½ t $\qquad$ R = 206264·8

t	6m	Δ	7m	Δ	8m	Δ	9m	Δ	10m	Δ	11m	Δ
0s	1·84931	241	1·98320	206	2·09917	181	2·20146	161	2·29296	145	2·37574	131
1	1·85172	240	1·98526	206	2·10098	180	2·20307	160	2·29441	145	2·37705	131
2	1·85412	239	1·98732	205	2·10278	180	2·20467	160	2·29586	144	2·37836	131
3	1·85651	239	1·98937	205	2·10458	179	2·20627	160	2·29730	144	2·37967	131
4	1·85890	239	1·99142	205	2·10637	180	2·20787	159	2·29874	143	2·38098	131
5	1·86129	237	1·99347	204	2·10817	178	2·20946	160	2·30017	144	2·38229	131
6	1·86366	237	1·99551	204	2·10995	179	2·21106	158	2·30161	143	2·38360	130
7	1·86603	237	1·99755	203	2·11174	178	2·21264	159	2·30304	143	2·38490	129
8	1·86840	235	1·99958	203	2·11352	178	2·21423	158	2·30447	143	2·38619	130
9	1·87075		2·00161		2·11530		2·21581		2·30590		2·38749	
		235		202		177		158		142		130
10	1·87310	235	2·00363	202	2·11707	177	2·21739	158	2·30732	142	2·38879	130
11	1·87545	234	2·00565	201	2·11884	177	2·21897	158	2·30874	142	2·39009	129
12	1·87779	233	2·00766	201	2·12061	176	2·22055	157	2·31016	142	2·39138	129
13	1·88012	232	2·00967	200	2·12237	176	2·22212	157	2·31158	142	2·39267	129
14	1·88244	232	2·01167	200	2·12413	176	2·22369	156	2·31300	141	2·39396	129
15	1·88476	232	2·01367	199	2·12589	175	2·22525	157	2·31441	141	2·39525	129
16	1·88708	230	2·01566	199	2·12764	175	2·22682	156	2·31582	141	2·39654	128
17	1·88938	230	2·01765	199	2·12939	175	2·22838	156	2·31723	141	2·39782	128
18	1·89168	230	2·01964	198	2·13114	174	2·22994	155	2·31864	140	2·39910	128
19	1·89398		2·02162		2·13288		2·23149		2·32004		2·40038	
		229		198		174		155		140		128
20	1·89627	228	2·02360	197	2·13462	173	2·23304	155	2·32144	140	2·40166	128
21	1·89855	228	2·02557	196	2·13635	174	2·23459	155	2·32284	140	2·40294	127
22	1·90083	227	2·02753	197	2·13809	173	2·23614	154	2·32424	139	2·40421	127
23	1·90310	226	2·02950	196	2·13982	172	2·23768	154	2·32563	140	2·40548	127
24	1·90536	226	2·03146	195	2·14154	172	2·23922	154	2·32703	139	2·40675	127
25	1·90762	225	2·03341	195	2·14326	172	2·24076	154	2·32842	138	2·40802	127
26	1·90987	225	2·03536	194	2·14498	172	2·24230	153	2·32980	139	2·40929	126
27	1·91212	224	2·03730	194	2·14670	171	2·24383	153	2·33119	139	2·41055	126
28	1·91436	224	2·03924	194	2·14841	170	2·24536	153	2·33258	138	2·41181	126
29	1·91660		2·04118		2·15011		2·24689		2·33396		2·41307	
		223		193		171		153		138		127
30	1·91883		2·04311		2·15182		2·24842		2·33534		2·41434	

log n = log 2 R sin⁴ ½ t $\qquad$ R = 206264·8

t	6m	7m	8m	9m	10m	Δ	11m	Δ
0s	8·0832	8·3509	8·5829	8·7875	8·9705	286	9·1360	261
10					8·9991	283	9·1621	258
20					8·0274	278	9·1879	253
30	8·2222	8·4708	8·6882	8·9814	9·0552		9·2132	

Proportionaltheile

	240	235	230	225	220	215	210	205	200	195	190	185	180	175	170
1	24·0	23·5	23·0	22·5	22·0	21·5	21·0	20·5	20·0	19·5	19·0	18·5	18·0	17·5	17·0
2	48·0	47·0	46·0	45·0	44·0	43·0	42·0	41·0	40·0	39·0	38·0	37·0	36·0	35·0	34·0
3	72·0	70·5	69·0	67·5	66·0	64·5	63·0	61·5	60·0	58·5	57·0	55·5	54·0	52·5	51·0
4	96·0	94·0	92·0	90·0	88·0	86·0	84·0	82·0	80·0	78·0	76·0	74·0	72·0	70·0	68·0
5	120·0	117·5	115·0	112·5	110·0	107·5	105·0	102·5	100·0	97·5	95·0	92·5	90·0	87·5	75·0
6	144·0	141·0	138·0	135·0	132·0	129·0	126·0	123·0	120·0	117·0	114·0	111·0	108·0	105·0	102·0
7	168·0	164·5	161·0	157·5	154·0	150·5	147·0	143·5	140·0	136·5	133·0	129·5	126·0	122·5	119·0
8	192·0	188·0	184·0	180·0	176·0	172·0	168·0	164·0	160·0	156·0	152·0	148·0	144·0	140·0	136·0
9	216·0	211·5	207·0	202·5	198·0	193·5	189·0	184·5	180·0	175·5	171·0	166·5	162·0	157·5	153·0

$log\ m = log\ 2\ R\ sin^2\ \frac{1}{2}\ t$ $R = 206264{\cdot}8$

t	6m		7m		8m		9m		10m		11m	
30s	1·91883	222	2·04311	193	2·15182	170	2·24842	152	2·33534	137	2·41434	126
31	1·92105	222	2·04504	193	2·15352	170	2·24994	152	2·33671	138	2·41560	125
32	1·92327	221	2·04697	191	2·15522	169	2·25146	151	2·33809	137	2·41685	126
33	1·92548	221	2·04888	192	2·15691	169	2·25297	152	2·33946	137	2·41811	125
34	1·92769	221	2·05080	191	2·15860	169	2·25449	151	2·34083	137	2·41936	125
35	1·92990	219	2·05271	191	2·16029	169	2·25600	151	2·34220	137	2·42061	125
36	1·93209	219	2·05462	190	2·16198	168	3·25751	151	2·34357	136	2·42186	124
37	1·93428	218	2·05652	190	2·16366	168	2·25902	150	2·34493	137	2·42310	125
38	1·93646	218	2·05842	189	2·16534	167	2·26052	150	2·34630	136	2·42435	124
39	1·93864	218	2·06031	189	2·16701	167	2·26202	150	2·34766	135	2·42559	124
40	1·94082	217	2·06220	189	2·16868	167	2·26352	149	2·34901	136	2·42683	124
41	1·94299	216	2·06409	188	2·17035	167	2·26501	150	2·35037	135	2·42807	124
42	1·94515	216	2·06597	188	2·17202	166	2·26651	149	2·35172	135	2·42931	124
43	1·94731	215	2·06785	187	2·17368	166	2·26800	149	2·35307	135	2·43055	123
44	1·94946	215	2·06972	187	2·17534	166	2·26949	148	2·35442	135	2·43178	124
45	1·95161	214	2·07159	187	2·17700	165	2·27097	149	2·35577	135	2·43302	123
46	1·95375	214	2·07346	186	2·17865	165	2·27246	148	2·35712	134	2·43425	123
47	1·95589	213	2·07532	186	2·18030	164	2·27394	148	2·35846	134	2·43548	122
48	1·95802	212	2·07718	185	2·18194	165	2·27542	147	2·35980	134	2·43670	123
49	1·96014	212	2·07903	185	2·18359	164	2·27689	147	2·36114	134	2·43793	122
50	1·96226	212	2·08088	185	2·18523	164	2·27836	148	2·36248	133	2·43915	122
51	1·96438	211	2·08273	184	2·18687	163	2·27984	146	2·36381	134	2·44037	122
52	1·96649	211	2·08457	184	2·18850	163	2·28130	147	2·36515	133	2·44159	122
53	1·96860	210	2·08641	183	2·19013	163	2·28277	146	2·36648	133	2·44281	122
54	1·97070	209	2·08824	183	2·19176	162	2·28423	146	2·36781	132	2·44403	122
55	1·97279	209	2·09007	183	2·19338	162	2·28569	146	2·36913	133	2·44525	121
56	1·97488	209	2·09190	182	2·19500	162	2·28715	146	2·37046	132	2·44646	121
57	1·97697	208	2·09372	182	2·19662	162	2·28861	145	2·37178	132	2·44767	121
58	1·97905	207	2·09554	181	2·19824	161	2·29006	145	2·37310	132	2·44888	121
59	1·98112	208	2·09735	182	2·19985	161	2·29151	145	2·37442	132	2·45009	121
60	1·18320		2·09917		2·20146		2·29296		2·37574		2·45130	

$log\ n = log\ 2\ R\ sin^4\ \frac{1}{2}\ t$ $R = 506264{\cdot}8$

t	6m	7m	8m	9m	10m		11m	
30s	8·2222	8·4708	8·6882	8·8814	9·0552	273	9·2132	249
40					9·0825	270	9·2381	247
50					9·1095	265	9·2628	243
60	8·3509	8·5829	8·7875	8·9705	9·1360		9·2871	

Proportionaltheile

	170	166	162	158	154	150	146	142	138	134	130	126	122	118	114
1	17·0	16·6	16·2	15·8	15·4	15·0	14·6	14·2	13·8	13·4	13·0	12·6	12·2	11·8	11·4
2	34·0	33·2	32·4	31·6	30·8	30·0	29·2	28·4	27·6	26·8	26·0	25·2	24·4	23·6	22·8
3	51·0	49·8	48·6	47·4	46·2	45·0	43·8	42·6	41·4	40·2	39·0	37·8	36·6	35·4	34·2
4	68·0	66·4	64·8	63·2	61·6	60·0	58·4	56·8	55·2	53·6	52·0	50·4	48·8	47·2	45·6
5	85·0	83·0	81·0	79·0	77·0	75·0	73·0	71·0	69·0	67·0	65·0	63·0	61·0	59·0	57·0
6	102·0	99·6	97·2	94·8	92·4	90·0	87·6	85·2	82·8	80·4	78·0	75·6	73·2	70·8	68·4
7	119·0	116·2	113·4	110·6	107·8	105·0	102·2	99·4	96·6	93·8	91·0	88·2	85·4	82·6	79·8
8	136·0	132·8	129·6	126·4	123·2	120·0	116·8	113·6	110·4	107·2	104·0	100·8	97·6	94·4	91·2
9	153·0	149·4	145·8	142·2	138·6	135·0	131·4	127·8	124·2	120·6	117·0	113·4	109·8	106·2	102·6

$\log m = \log 2\,R\,\sin^2 \tfrac{1}{2}\,t$ $R = 206264{\cdot}8$

t	12^m		13^m		14^m		15^m		16^m		17^m	
0s	2·45130	120	2·52081	111	2·58516	103	2·64506	97	2·70109	91	2·75373	85
1	2·45250	121	2·52192	111	2·58619	103	2·64603	96	2·70200	91	2·75458	85
2	2·45371	120	2·52303	111	2·58722	103	2·64699	96	2·70291	90	2·75543	85
3	2·45491	120	2·52414	111	2·58825	103	2·64795	96	2·70381	90	2·75628	85
4	2·45611	120	2·52525	110	2·58928	103	2·64891	96	2·70471	90	2·75713	85
5	2·45731	119	2·52635	111	2·59031	103	2·64987	96	2·70561	90	2·75798	85
6	2·45850	120	2·52746	110	2·59134	102	2·65083	96	2·70651	90	2·75883	84
7	2·45970	119	2·52856	111	2·59236	103	2·65179	95	2·70741	89	2·75967	85
8	2·46089	120	2·52967	110	2·59339	102	2·65274	96	2·70830	90	2·76052	84
9	2·46209	119	2·53077	110	2·59441	102	2·65370	96	2·70920	90	2·76136	84
10	2·46328	118	2·53187	110	2·59543	102	2·65466	95	2·71010	89	2·76220	84
11	2·46446	119	2·53297	109	2·59645	102	2·65561	95	2·71099	89	2·76304	84
12	2·46565	119	2·53406	110	2·59747	102	2·65656	95	2·71188	90	2·76388	84
13	2·46684	118	2·53516	109	2·59849	102	2·65751	95	2·71278	89	2·76472	84
14	2·46802	118	2·53625	110	2·59951	101	2·65846	95	2·71367	89	2·76556	84
15	2·46920	118	2·53735	109	2·60052	102	2·65941	95	2·71456	89	2·76640	84
16	2·47038	118	2·53844	109	2·60154	101	2·66036	95	2·71545	89	2·76724	84
17	2·47156	118	2·53953	109	2·60255	102	2·66131	94	2·71634	89	2·76808	84
18	2·47274	118	2·54062	108	2·60357	101	2·66225	95	2·71723	88	2·76892	84
19	2·47392	117	2·54170	109	2·60458	101	2·66320	94	2·71811	89	2·76976	83
20	2·47509	117	2·54279	108	2·60559	101	2·66414	95	2·71900	89	2·77059	84
21	2·47626	117	2·54387	109	2·60660	100	2·66509	94	2·71989	88	2·77143	83
22	2·47743	117	2·54496	108	2·60760	101	2·66603	94	2·72077	88	2·77226	83
23	2·47860	117	2·54604	108	2·60861	100	2·66697	94	2·72165	89	2·77309	83
24	2·47977	117	2·54712	108	2·60961	101	2·66791	94	2·72254	88	2·77392	84
25	2·48094	116	2·54820	108	2·61062	100	2·66885	94	2·72342	88	2·77476	83
26	2·48210	117	2·54928	107	2·61162	101	2·66979	94	2·72430	88	2·77559	83
27	2·48327	116	2·55035	108	2·61263	100	2·67073	93	2·72518	88	2·77642	82
28	2·48443	116	2·55143	107	2·61363	100	2·67166	94	2·72606	88	2·77724	83
29	2·48559	116	2·55250	108	2·61463	100	2·67260	93	2·72694	87	2·77807	83
30	2·48675		2·55358		2·61563		2·67353		2·72781		2·77890	

$\log n = \log 2\,R\,\sin^4 \tfrac{1}{2}\,t$ $R = 206264{\cdot}8$

t	12^m		13^m		14^m		15^m		16^m		17^m	
0s	9·2871	240	9·4261	221	9·5549	205	9·6747	191	9·7867	180	9·8920	169
10	9·3111	237	9·4482	218	9·5754	203	9·6938	190	9·8047	179	9·9089	168
20	9·3348	232	9·4700	217	9·5957	201	9·7128	188	9·8226	176	9·9257	166
30	9·3580		9·4917		9·6158		9·7316		9·8402		9·9423	

Proportionaltheile

	122	120	118	116	114	112	110	108	106	104	102	100	98	96	94
1	12·2	12·0	11·8	11·6	11·4	11·2	11·0	10·8	10·6	10·4	10·2	10·0	9·8	9·6	9·4
2	24·4	24·0	23·6	23·2	22·8	22·4	22·0	21·6	21·2	20·8	20·4	20·0	19·6	19·2	18·8
3	36·6	36·0	35·4	34·8	34·2	33·6	33·0	32·4	31·8	31·2	30·6	30·0	29·4	28·8	28·2
4	48·8	48·0	47·2	46·4	45·6	44·8	44·0	43·2	42·4	41·6	40·8	40·0	39·2	38·4	37·6
5	61·0	60·0	59·0	58·0	57·0	56·0	55·0	54·0	53·0	52·0	51·0	50·0	49·0	48·0	47·0
6	73·2	72·0	70·8	69·6	68·4	67·2	66·0	64·8	63·6	62·4	61·2	60·0	58·8	57·6	56·4
7	85·4	84·0	82·6	81·2	79·8	78·4	77·0	75·6	74·2	72·8	71·4	70·0	68·6	67·2	65·8
8	97·6	96·0	94·4	92·8	91·2	89·6	88·0	86·4	84·8	83·2	81·6	80·0	78·4	76·8	75·2
9	109·8	108·0	106·2	104·4	102·6	100·8	99·0	97·2	95·4	93·6	91·8	90·0	88·2	86·4	84·6

$log\ m = log\ 2\ R\ sin^2 \frac{1}{2}\ t$ $\qquad R = 206264{\cdot}8$

t	12m	Δ	13m	Δ	14m	Δ	15m	Δ	16m	Δ	17m	Δ
30s	2·48675	115	2·55358	107	2·61563	99	2·67353	93	2·72781	88	2·77890	83
31	2·48790	116	2·55465	107	2·61662	100	2·67446	93	2·72869	88	2·77973	83
32	2·48906	115	2·55572	107	2·61762	99	2·67539	94	2·72957	87	2·78056	82
33	2·49021	115	2·55679	106	2·61861	100	2·67633	93	2·73044	88	2·78138	82
34	2·49136	115	2·55785	107	2·61961	99	2·67726	92	2·73132	87	2·78220	82
35	2·49251	115	2·55892	107	2·62060	99	2·67818	93	2·73219	87	2·78302	83
36	2·49366	115	2·55999	106	2·62159	99	2·67911	93	2·73306	87	2·78385	82
37	2·49481	115	2·56105	106	2·62258	99	2·68004	93	2·73393	87	2·78467	82
38	2·49596	115	2·56211	106	2·62357	99	2·68097	92	2·73480	87	2·78549	82
39	2·49711	114	2·56317	106	2·62456	99	2·68189	92	2·73567	87	2·78631	82
40	2·49825	114	2·56423	106	2·62555	99	2·68281	93	2·73654	87	2·78713	82
41	2·49939	114	2·56529	106	2·62654	98	2·68374	92	2·73741	86	2·78795	82
42	2·50053	114	2·56635	105	2·62752	98	2·68466	92	2·73827	87	2·78877	81
43	2·50167	114	2·56740	106	2·62850	99	2·68558	92	2·73914	87	2·78958	82
44	2·50281	113	2·56846	105	2·62949	98	2·68650	92	2·74001	86	2·79040	81
45	2·50394	114	2·56951	105	2·63047	98	2·68742	92	2·74087	86	2·79121	82
46	2·50508	113	2·57056	105	2·63145	98	2·68834	92	2·74173	86	2·79203	81
47	2·50621	113	2·57161	105	2·63243	98	2·68926	91	2·74259	87	2·79284	82
48	2·50734	113	2·57266	105	2·63341	97	2·69017	92	2·74346	86	2·79366	81
49	2·50847	113	2·57371	105	2·63438	98	2·69109	92	2·74432	86	2·79447	81
50	2·50960	113	2·57476	104	2·63536	98	2·69201	91	2·74518	86	2·79528	81
51	2·51073	112	2·57580	105	2·63634	97	2·69292	91	2·74604	86	2·79609	81
52	2·51185	113	2·57685	104	2·63731	97	2·69383	91	2·74690	85	2·79690	81
53	2·51298	112	2·57789	104	2·63828	97	2·69474	91	2·74775	86	2·79771	81
54	2·51410	112	2·57893	104	2·63925	97	2·69565	91	2·74861	86	2·79852	81
55	2·51522	112	2·57997	104	2·64022	97	2·69656	91	2·74947	85	2·79933	81
56	2·51634	112	2·58101	104	2·64119	97	2·69747	91	2·75032	86	2·80014	80
57	2·51746	112	2·58205	104	2·64216	97	2·69838	91	2·75118	85	2·80094	81
58	2·51858	111	2·58309	103	2·64313	97	2·69929	90	2·75203	85	2·80175	80
59	2·51969	112	2·58412	104	2·64410	96	2·70019	90	2·75288	85	2·80255	81
60	2·52081		2·58516		2·64506		2·70109		2·75373		2·80336	

$log\ n = log\ 2\ R\ sin^4 \frac{1}{2}\ t$ $\qquad R = 206264{\cdot}8$

t	12m	Δ	13m	Δ	14m	Δ	15m	Δ	16m	Δ	17m	Δ
30s	9·3580	230	9·4917	213	9·6158	198	9·7316	186	9·8402	174	9·9423	164
40	9·3810	228	9·5130	211	9·6356	197	9·7502	184	9·8576	173	9·9587	164
50	9·4038	223	9·5341	208	9·6553	194	9·7686	181	9·8749	171	9·9751	162
60	9·4261		9·5549		9·6747		9·7867		9·8920		9·9913	

Proportionaltheile

	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80
1	9·4	9·3	9·2	9·1	9·0	8·9	8·8	8·7	8·6	8·5	8·4	8·3	8·2	8·1	8·0
2	18·8	18·6	18·4	18·2	18·0	17·8	17·6	17·4	17·2	17·0	16·8	16·6	16·4	16·2	16·0
3	28·2	27·9	27·6	27·3	27·0	26·7	26·4	26·1	25·8	25·5	25·2	24·9	24·6	24·3	24·0
4	37·6	37·2	36·8	36·4	36·0	35·6	35·2	34·8	34·4	34·0	33·6	33·2	32·8	32·4	32·0
5	47·0	46·5	46·0	45·5	45·0	44·5	44·0	43·5	43·0	42·5	42·0	41·5	41·0	40·5	40·0
6	56·4	55·8	55·2	54·6	54·0	53·4	52·8	52·2	51·6	51·0	50·4	49·8	49·2	48·6	48·0
7	65·8	65·1	64·4	63·7	63·0	62·3	61·6	60·9	60·2	59·5	58·8	58·1	57·4	56·7	56·0
8	75·2	74·4	73·6	72·8	72·0	71·2	70·4	69·6	68·8	68·0	67·2	66·4	65·6	64·8	64·0
9	84·6	83·7	82·8	81·9	81·0	80·1	79·2	78·3	77·4	76·5	75·6	74·7	73·8	72·9	72·0

$\log m = \log 2\,R\,\sin^2 \frac{1}{2}\,t$ $R = 206264{\cdot}8$

t	18m	Δ	19m	Δ	20m	Δ	21m	Δ	22m	Δ	23m	Δ
0s	2·80336	80	2·85029	76	2·89481	73	2·93717	69	2·97755	65	3·01613	62
1	2·80416	80	2·85105	76	2·89554	72	2·93786	69	2·97820	66	3·01675	63
2	2·80496	80	2·85181	76	2·89626	72	2·93855	68	2·97886	66	3·01738	63
3	2·80576	80	2·85257	76	2·89698	72	2·93923	69	2·97952	65	3·01801	63
4	2·80656	80	2·85333	76	2·89770	72	2·93992	69	2·98017	66	3·01864	62
5	2·80736	80	2·85409	76	2·89842	72	2·94061	68	2·98083	65	3·01926	63
6	2·80816	80	2·85485	76	2·89914	72	2·94129	69	2·98148	66	3·01989	63
7	2·80896	80	2·85561	75	2·89986	72	2·94198	68	2·98214	65	3·02052	62
8	2·80976	80	2·85636	76	2·90058	72	2·94266	69	2·98279	65	3·02114	63
9	2·81056	79	2·85712	75	2·90130	72	2·94335	68	2·98344	66	3·02177	62
10	2·81135	80	2·85787	76	2·90202	72	2·94403	68	2·98410	65	3·02239	63
11	2·81215	80	2·85863	75	2·90274	72	2·94471	69	2·98475	65	3·02302	62
12	2·81295	80	2·85938	76	2·90346	71	2·94540	68	2·98540	65	3·02364	62
13	2·81375	79	2·86014	75	2·90417	72	2·94608	68	2·98605	65	3·02426	63
14	2·81454	79	2·86089	75	2·90489	71	2·94676	68	2·98670	65	3·02489	62
15	2·81533	79	2·86164	75	2·90560	72	2·94744	68	2·98735	65	3·02551	62
16	2·81612	79	2·86239	75	2·90632	71	2·94812	68	2·98800	65	3·02613	62
17	2·81691	79	2·86314	75	2·90703	71	2·94880	68	2·98865	65	3·02675	62
18	2·81770	79	2·86389	75	2·90774	71	2·94948	68	2·98930	65	3·02737	62
19	2·81849	79	2·86464	75	2·90845	72	2·95016	68	2·98995	65	3·02799	62
20	2·81928	79	2·86539	75	2·90917	71	2·95084	68	2·99060	65	3·02861	62
21	2·82007	79	2·86614	75	2·90988	70	2·95152	67	2·99125	64	3·02923	62
22	2·82086	79	2·86689	74	2·91058	71	2·95219	68	2·99189	65	3·02985	62
23	2·82165	79	2·86763	75	2·91129	71	2·95287	68	2·99254	65	3·03047	62
24	2·82244	78	2·86838	74	2·91200	71	2·95355	67	2·99319	64	3·03109	62
25	2·82322	79	2·86912	75	2·91271	71	2·95422	68	2·99383	65	3·03171	61
26	2·82401	78	2·86987	74	2·91342	71	2·95490	67	2·99448	64	3·03232	62
27	2·82479	79	2·87061	75	2·91413	71	2·95557	68	2·99512	64	3·03294	62
28	2·82558	78	2·87136	74	2·91484	71	2·95625	67	2·99576	65	3·03356	61
29	2·82636	78	2·87210	74	2·91555	70	2·95692	67	2·99641	64	3·03417	62
30	2·82714		2·87284		2·91625		2·95759		2·99705		3·03479	

$\log n = \log 2\,R\,\sin^4 \frac{1}{2}\,t$ $R = 206264{\cdot}8$

t	18m	Δ	19m	Δ	20m	Δ	21m	Δ	22m	Δ	23m	Δ
0s	9·9913	159	0·0851	152	0·1742	144	0·2589	137	0·3396	131	0·4168	125
10	0·0072	159	0·1003	150	0·1886	143	0·2726	136	0·3527	130	0·4293	125
20	0·0231	157	0·1153	149	0·2029	141	0·2862	135	0·3657	129	0·4418	123
30	0·0388		0·1302		0·2170		0·2997		0·3786		0·4541	

Proportionaltheile

	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71
1	8·0	7·9	7·8	7·7	7·6	7·5	7·4	7·3	7·2	7·1
2	16·0	15·8	15·6	15·4	15·2	15·0	14·8	14·6	14·4	14·2
3	24·0	23·7	23·4	23·1	22·8	22·5	22·2	21·9	21·6	21·3
4	32·0	31·6	31·2	30·8	30·4	30·0	29·6	29·2	28·8	28·4
5	40·0	39·5	39·0	38·5	38·0	37·5	37·0	36·5	36·0	35·5
6	48·0	47·4	46·8	46·2	45·6	45·0	44·4	43·8	43·2	42·6
7	56·0	55·3	54·6	53·9	53·2	52·5	51·8	51·1	50·4	49·7
8	64·0	63·2	62·4	61·6	60·8	60·0	59·2	58·4	57·6	56·8
9	72·0	71·1	70·2	69·3	68·4	67·5	66·6	65·7	64·8	63·9

log m = *log* 2 *R sin*² ½ *t* $\qquad$ *R* = 206254·8

t	18ᵐ	d	19ᵐ	d	20ᵐ	d	21ᵐ	d	22ᵐ	d	23ᵐ	d
30ˢ	2·82714	78	2·87284	74	2·91625	71	2·95759	68	2·99705	64	3·03479	61
31	2·82792	78	2·87358	74	2·91696	70	2·95827	67	2·99769	65	3·03540	62
32	2·82870	78	2·87432	74	2·91766	71	2·95894	67	2·99834	64	3·03602	61
33	2·82948	78	2·87506	74	2·91837	70	2·95961	67	2·99898	64	3·03663	62
34	2·83026	78	2·87580	74	2·91907	70	2·96028	67	2·99962	64	3·03725	62
35	2·83104	78	2·87654	74	2·91977	71	2·96095	67	3·00026	64	3·03787	61
36	2·83182	78	2·87728	74	2·92048	70	2·96162	67	3·00090	64	3·03848	61
37	2·83260	77	2·87802	74	2·92118	70	2·96229	67	3·00154	64	3·03909	61
38	2·83337	77	2·87876	73	2·92188	70	2·96296	66	3·00218	64	3·03970	61
39	2·83414	78	2·87949	74	2·92258	70	2·96362	67	3·00282	64	3·04031	61
40	2·83492	78	2·88023	73	2·92328	70	2·96429	67	3·00346	63	3·04092	61
41	2·83570	78	2·88096	74	2·92398	70	2·96496	67	3·00409	64	3·04153	61
42	2·83648	77	2·88170	73	2·92468	70	2·96563	67	3·00473	64	3·04214	61
43	2·83725	77	2·88243	74	2·92538	70	2·96630	66	3·00537	63	3·04275	61
44	2·83802	77	2·88317	73	2·92608	69	2·96696	67	3·00600	64	3·04336	61
45	2·83879	78	2·88390	73	2·92677	70	2·96763	66	3·00664	64	3·04397	61
46	2·83957	77	2·88463	73	2·92747	70	2·96829	67	3·00728	63	3·04458	61
47	2·84034	77	2·88536	74	2·92817	69	2·96896	66	3·00791	64	3·04519	61
48	2·84111	77	2·88610	73	2·92886	70	2·96962	66	3·00855	63	3·04580	61
49	2·84188	76	2·88683	73	2·92956	69	2·97028	67	3·00918	63	3·04641	60
50	2·84264	77	2·88756	72	2·93025	69	2·97095	66	3·00981	64	3·04701	61
51	2·84341	77	2·88828	73	2·93094	70	2·97161	66	3·01045	63	3·04762	61
52	2·84418	77	2·88901	73	2·93164	69	2·97227	66	3·01108	63	3·04823	60
53	2·84495	76	2·88974	73	2·93233	70	2·97293	66	3·01171	63	3·04883	61
54	2·84571	77	2·89047	72	2·93303	69	2·97359	66	3·01234	64	3·04944	60
55	2·84648	76	2·89119	73	2·93372	69	2·97425	66	3·01298	63	3·05004	61
56	2·84724	77	2·89192	73	2·93441	69	2·97491	66	3·01361	63	3·05065	60
57	2·84801	76	2·89265	72	2·93510	69	2·97557	66	3·01424	63	3·05125	60
58	2·84877	76	2·89337	72	2·93579	69	2·97623	66	3·01487	63	3·05185	61
59	2·84953	76	2·89409	72	2·93648	69	2·97689	66	3·01550	63	3·05246	60
60	2·85029		2·89481		2·93717		2·97755		3·01613		3·05306	

log n = *log* 2 *R sin*⁴ ½ *t* $\qquad$ *R* = 206264·8

t	18ᵐ	d	19ᵐ	d	20ᵐ	d	21ᵐ	d	22ᵐ	d	23ᵐ	d
30ˢ	0·0388	156	0·1302	148	0·2170	141	0·2997	134	0·3786	128	0·4541	123
40	0·0544	154	0·1450	147	0·2311	139	0·3131	133	0·3914	128	0·4664	122
50	0·0698	153	0·1597	145	0·2450	139	0·3264	132	0·4042	126	0·4786	121
60	0·0851		0·1742		0·2589		0·3396		0·4168		0·4907	

Proportionaltheile

	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61
1	7·0	6·9	6·8	6·7	6·6	6·5	6·4	6·3	6·2	6·1
2	14·0	13·8	13·6	13·4	13·2	13·0	12·8	12·6	12·4	12·2
3	21·0	20·7	20·4	20·1	19·8	19·5	19·2	18·9	18·6	18·3
4	28·0	27·6	27·2	26·8	26·4	26·0	25·6	25·2	24·8	24·4
5	35·0	34·5	34·0	33·5	33·0	32·5	32·0	31·5	31·0	30·5
6	42·0	41·4	40·8	40·2	39·6	39·0	38·4	37·8	37·2	36·6
7	49·0	48·3	47·6	46·9	46·2	45·5	44·8	44·1	43·4	42·7
8	56·0	55·2	54·4	53·6	52·8	52·0	51·2	50·4	49·6	48·8
9	63·0	62·1	61·2	60·3	59·4	58·5	57·6	56·7	55·8	54·9

$\log m = \log 2\, R \sin^2 \tfrac{1}{2} t$ $\qquad R = 206264{\cdot}8$

t	24m	d	25m	d	26m	d	27m	d	28m	d	29m	d
0s	3·053056	602	3·088479	579	3·122511	556	3·155255	535	3·186806	516	3·217246	499
1	3·053658	602	3·089058	577	3·123067	555	3·155790	536	3·187322	516	3·217745	498
2	3·054260	601	3·089635	578	3·123622	556	3·156326	534	3·187838	515	3·218243	498
3	3·054861	602	3·090213	577	3·124178	555	3·156860	535	3·188353	516	3·218741	497
4	3·055463	600	3·090790	577	3·124733	554	3·157395	534	3·188869	515	3·219238	497
5	3·056063	601	3·091367	576	3·125287	555	3·157929	533	3·189384	514	3·219735	497
6	3·056664	600	3·091943	576	3·125842	553	3·158462	534	3·189898	515	3·220232	497
7	3·057264	599	3·092519	576	3·126395	554	3·158996	533	3·190413	514	3·220729	496
8	3·057863	599	3·093095	575	3·126949	553	3·159529	533	3·190927	514	3·221225	496
9	3·058462	599	3·093670	575	3·127502	553	3·160062	532	3·191441	513	3·221721	496
10	3·059061	598	3·094245	574	3·128055	553	3·160594	532	3·191954	513	3·222217	496
11	3·059659	598	3·094819	574	3·128608	552	3·161126	532	3·192467	513	3·222713	495
12	3·060257	598	3·095393	574	3·129160	551	3·161658	531	3·192980	513	3·223208	495
13	3·060855	598	3·095967	573	3·129711	552	3·162189	531	3·193493	512	3·223703	494
14	3·061453	595	3·096540	573	3·130263	551	3·162720	531	3·194005	512	3·224197	495
15	3·062048	596	3·097113	573	3·130814	550	3·163251	531	3·194517	512	3·224692	494
16	3·062644	596	3·097686	572	3·131364	551	3·163782	530	3·195029	511	3·225186	494
17	3·063240	596	3·098258	572	3·131915	550	3·164312	530	3·195540	511	3·225680	494
18	3·063836	595	3·098830	571	3·132465	549	3·164842	529	3·196051	511	3·226174	493
19	3·064431	594	3·099401	571	3·133014	550	3·165371	529	3·196562	510	3·226667	493
20	3·065025	594	3·099972	571	3·133564	549	3·165900	529	3·197072	510	3·227160	493
21	3·065619	594	3·100543	570	3·134113	548	3·166429	529	3·197582	510	3·227653	492
22	3·066213	593	3·101113	570	3·134661	548	3·166958	528	3·198092	510	3·228145	492
23	3·066806	593	3·101683	570	3·135209	549	3·167486	528	3·198602	509	3·228637	492
24	3·067399	593	3·102253	569	3·135758	547	3·168014	527	3·199111	509	3·229129	492
25	3·067992	592	3·102822	569	3·136305	547	3·168541	528	3·199620	508	3·229621	491
26	3·068584	592	3·103391	568	3·136852	547	3·169069	526	3·200128	508	3·230112	491
27	3·069176	591	3·103959	568	3·137399	547	3·169595	527	3·200636	509	3·230603	491
28	3·069767	591	3·104527	568	3·137946	546	3·170122	526	3·201145	507	3·231094	490
29	3·070358	591	3·105095	567	3·138492	546	3·170648	524	3·201652	508	3·231584	490
30	3·070949		3·105662		3·139038		3·171174		3·202160		3·232074	

$\log n = \log 2\, R \sin^4 \tfrac{1}{2} t$ $\qquad R = 206264{\cdot}8$

t	24m	d	25m	d	26m	d	27m	d	28m	d	29m	d
0s	0·4907	120	0·5615	115	0·6296	111	0·6951	106	0·7582	103	0·8190	100
10	0·5027	119	0·5730	115	0·6407	110	0·7057	106	0·7685	102	0·8290	99
20	0·5146	118	0·5845	114	0·6517	109	0·7163	106	0·7787	102	0·8389	98
30	0·5264		0·5959		0·6626		0·7269		0·7889		0·8187	

Proportionaltheile

	600	596	592	588	584	580	576	572	568	564	560	556	552	548	544
1	60·0	59·6	59·2	58·8	58·4	58·0	57·6	57·2	56·8	56·4	56·0	55·6	55·2	54·8	54·4
2	120·0	119·2	118·4	117·6	116·8	116·0	115·2	114·4	113·6	112·8	112·0	111·2	110·4	109·6	108·8
3	180·0	178·8	177·6	176·4	175·2	174·0	172·8	171·6	170·4	169·2	168·0	166·8	165·6	164·4	163·2
4	240·0	238·4	236·8	235·2	233·6	232·0	230·4	228·8	227·2	225·6	224·0	222·4	220·8	219·2	217·6
5	300·0	298·0	296·0	294·0	292·0	290·0	288·0	286·0	284·0	282·0	280·0	278·0	276·0	274·0	272·0
6	360·0	357·6	355·2	352·8	350·4	348·0	345·6	343·2	340·8	338·4	336·0	333·6	331·2	328·8	326·4
7	420·0	417·2	414·4	411·6	408·8	406·0	403·2	400·4	397·6	394·8	392·0	389·2	386·4	383·6	380·8
8	480·0	476·8	473·6	470·4	467·2	464·0	460·8	457·6	454·4	451·2	448·0	444·8	441·6	438·4	435·2
9	540·0	536·4	532·8	529·2	525·6	522·0	518·4	514·8	511·2	507·6	504·0	500·4	496·8	493·2	489·6

$\log m = \log 2\,R \sin^2 \frac{1}{2} t \qquad R = 206264{\cdot}8$

t	24m		25m		26m		27m		28m		29m	
30s	3·070949	590	3·105662	567	3·139038	545	3·171174	526	3·202160	507	3·232074	490
31	3·071539	589	3·106229	567	3·139583	545	3·171700	525	3·202667	507	3·232564	490
32	3·072128	590	3·106796	566	3·140128	545	3·172225	525	3·203174	506	3·233054	489
33	3·072718	589	3·107362	566	3·140673	545	3·172750	525	3·203680	507	3·233543	489
34	3·073307	588	3·107928	565	3·141218	544	3·173275	524	3·204187	506	3·234032	489
35	3·073895	588	3·108493	565	3·141762	544	3·173799	524	3·204693	505	3·234521	489
36	3·074483	588	3·109058	565	3·142306	543	3·174323	524	3·205198	506	3·235010	488
37	3·075071	587	3·109623	564	3·142849	543	3·174847	523	3·205704	505	3·235498	488
38	3·075658	587	3·110187	564	3·143392	543	3·175370	523	3·206209	505	3·235986	487
39	3·076245	587	3·110751	564	3·143935	542	3·175893	523	3·206714	504	3·236473	488
40	3·076832	586	3·111315	563	3·144477	542	3·176416	523	3·207218	504	3·236961	487
41	3·077418	585	3·111878	563	3·145019	542	3·176939	522	3·207722	504	3·237478	487
42	3·078003	586	3·112441	562	3·145561	542	3·177461	522	3·208226	504	3·237935	487
43	3·078589	585	3·113003	563	3·146103	541	3·177983	521	3·208730	503	3·238422	486
44	3·079174	584	3·113566	560	3·146644	540	3·178504	521	3·209233	503	3·238908	486
45	3·080758	584	3·114127	562	3·147184	541	3·179025	521	3·209736	503	3·239394	486
46	3·080342	584	3·114689	561	3·147725	540	3·179546	521	3·210239	502	3·239880	485
47	3·080926	584	3·115250	561	3·148265	540	3·180067	520	3·210741	502	3·240365	486
48	3·081510	582	3·115811	560	3·148805	539	3·180587	520	3·211243	502	3·240851	484
49	3·082092	583	3·116371	560	3·149344	539	3·181107	520	3·211745	502	3·241335	485
50	3·082675	582	3·116931	559	3·149883	539	3·181627	519	3·212247	501	3·241820	485
51	3·083257	582	3·117490	560	3·150422	538	3·182146	519	3·212748	501	3·242305	484
52	3·083839	581	3·118050	559	3·150960	538	3·182665	519	3·213249	501	3·242789	484
53	3·084420	581	3·118609	558	3·151498	538	3·183184	518	3·213750	500	3·243273	483
54	3·085001	581	3·119167	558	3·152036	537	3·183702	518	3·214250	500	3·243756	484
55	3·085582	580	3·119725	558	3·152573	537	3·184220	518	3·214750	500	3·244240	483
56	3·086162	580	3·120283	558	3·153110	537	3·184738	517	3·215250	499	3·244723	482
57	3·086742	580	3·120841	557	3·153647	536	3·185255	517	3·215749	500	3·245205	483
58	3·087322	579	3·121398	556	3·154183	536	3·185772	517	3·216249	499	3·245688	482
59	3·087901	578	3·121954	557	3·154719	536	3·186289	517	3·216748	498	3·246170	482
60	3·088479		3·122511		3·155255		3·186806		3·217246		3·246652	

$\log n = \log 2\,R \sin^4 \frac{1}{2} t \qquad R = 206264{\cdot}8$

t	24m		25m		26m		27m		28m		29m	
30s	0·5264	118	0·5959	113	0·6626	109	0·7269	105	0·7889	101	0·8487	98
40	0·5382	117	0·6072	112	0·6735	108	0·7374	104	0·7990	100	0·8585	97
50	0·5499	116	0·6184	112	0·6843	108	0·7478	104	0·8090	100	0·8682	96
60	0·5615		0·6296		0·6951		0·7582		0·8190		0·8778	

Proportionaltheile

	540	536	532	528	524	520	516	512	508	504	500	496	492	488	484
1	54·0	53·6	53·2	52·8	52·4	52·0	51·6	51·2	50·8	50·4	50·0	49·6	49·2	48·8	48·4
2	108·0	107·2	106·4	105·6	104·8	104·0	103·2	102·4	101·6	100·8	100·0	99·2	98·4	97·6	96·8
3	162·0	160·8	159·6	158·4	157·2	156·0	154·8	153·6	152·4	151·2	150·0	148·8	147·6	146·4	145·2
4	216·0	214·4	212·8	211·2	209·6	208·0	206·4	204·8	203·2	201·6	200·0	198·4	196·8	195·2	193·6
5	270·0	268·0	266·0	264·0	262·0	260·0	258·0	256·0	254·0	252·0	250·0	248·0	246·0	244·0	242·0
6	324·0	321·6	319·2	316·8	314·4	312·0	309·6	307·2	304·8	302·4	300·0	297·6	295·2	292·8	290·4
7	378·0	375·2	372·4	369·6	366·8	364·0	361·2	358·4	355·6	352·8	350·0	347·2	344·4	341·6	338·8
8	432·0	428·8	425·6	422·4	419·2	416·0	412·8	409·6	406·4	403·2	400·0	396·8	393·6	390·4	387·2
9	486·0	482·4	478·8	475·2	471·6	468·0	464·4	460·8	457·2	453·6	450·0	446·4	442·8	439·2	435·6

$\log m = \log 2\, R \sin^2 \tfrac{1}{2} t$ $\qquad R = 206264{\cdot}8$

t	30^m		31^m		32^m		33^m		34^m		35^m	
0s	3·246652	482	3·275091	466	3·302624	452	3·329307	438	3·355191	425	3·380322	412
1	3·247134	481	3·275557	466	3·303076	451	3·329745	438	3·355616	425	3·380734	413
2	3·247615	481	3·276023	466	3·303527	451	3·330183	437	3·356041	424	3·381147	412
3	3·248096	481	3·276489	465	3·303978	451	3·330620	437	3·356465	424	3·381559	412
4	3·248577	481	3·276954	465	3·304429	450	3·331057	437	3·356889	424	3·381971	412
5	3·249058	480	3·277419	465	3·304879	451	3·331494	437	3·357313	424	3·382383	412
6	3·249538	481	3·277884	465	3·305330	450	3·331931	436	3·357737	424	3·382795	411
7	3·250019	479	3·278349	464	3·305780	450	3·332367	437	3·358161	423	3·383206	412
8	3·250498	480	3·278813	464	3·306230	449	3·332804	436	3·358584	424	3·383618	411
9	3·250978		3·279277		3·306679		3·333240		3·359008		3·384029	
		479		464		450		435		423		411
10	3·251457	479	3·279741	464	3·307129	449	3·333675	436	3·359431	422	3·384440	411
11	3·251936	479	3·280205	463	3·307578	449	3·334111	435	3·359853	423	3·384851	410
12	3·252415	479	3·280668	463	3·308027	449	3·334546	435	3·360276	422	3·385261	411
13	3·252894	478	3·281131	463	3·308476	448	3·334981	435	3·360698	423	3·385672	410
14	3·253372	478	3·281594	463	3·308924	449	3·335416	435	3·361121	422	3·386082	410
15	3·253850	478	3·282057	462	3·309373	448	3·335851	435	3·361543	421	3·386492	409
16	3·254328	477	3·282519	462	3·309821	447	3·336286	434	3·361964	422	3·386901	410
17	3·254805	477	3·282981	462	3·310268	448	3·336720	434	3·362386	421	3·387311	409
18	3·255282	477	3·283443	462	3·310716	447	3·337154	434	3·362807	421	3·387720	410
19	3·255759		3·283905		3·311163		3·337588		3·363228		3·388130	
		477		461		447		434		421		409
20	3·256236	476	3·284366	462	3·311610	447	3·338022	433	3·363649	421	3·388539	408
21	3·256712	477	3·284828	461	3·312057	447	3·338455	433	3·364070	421	3·388947	409
22	3·257189	476	3·285289	460	3·312504	446	3·338888	433	3·364491	420	3·389356	408
23	3·257665	475	3·285749	461	3·312950	446	3·339321	433	3·364911	420	3·389764	409
24	3·258140	476	3·286210	460	3·313396	446	3·339754	433	3·365331	420	3·390173	408
25	3·258616	475	3·286670	460	3·313842	446	3·340187	432	3·365751	420	3·390581	408
26	3·259091	474	3·287130	459	3·314288	446	3·340619	432	3·366171	419	3·390989	407
27	3·259565	475	3·287589	460	3·314734	445	3·341051	432	3·366590	420	3·391396	408
28	3·260040	474	3·288049	459	3·315179	445	3·341483	432	3·367010	419	3·391804	407
29	3·260514		3·288508		3·315624		3·341915		3·367429		3·392211	
		474		459		445		431		419		407
30	3·260988		3·288967		3·316069		3·342346		3·367848		3·392618	

$\log n = \log 2\, R \sin^4 \tfrac{1}{2} t$ $\qquad R = 206264{\cdot}8$

0s	0·8778	97	0·9347	93	0·9898	90	1·0432	87	1·0949	85	1·1452	82
10	0·8875	95	0·9440	93	0·9988	90	1·0519	87	1·1034	84	1·1534	82
20	0·8970	95	0·9533	92	1·0078	89	1·0606	86	1·1118	84	1·1616	82
30	0·9065		0·9625		1·0167		1·0692		1·1202		1·1698	

Proportionaltheile

	482	479	476	473	470	467	464	461	458	455	452	449	446	443
1	48·2	47·9	47·6	47·3	47·0	46·7	46·4	46·1	45·8	45·5	45·2	44·9	44·6	44·3
2	96·4	95·8	95·2	94·6	94·0	93·4	92·8	92·2	91·6	91·0	90·4	89·8	89·2	88·6
3	144·6	143·7	142·8	141·9	141·0	140·1	139·2	138·3	137·4	136·5	135·6	134·7	133·8	132·9
4	192·8	191·6	190·4	189·2	188·0	186·8	185·6	184·4	183·2	182·0	180·8	179·6	178·4	177·2
5	241·0	239·5	238·0	236·5	235·0	233·5	232·0	230·5	229·0	227·5	226·0	224·5	223·0	221·5
6	289·2	287·4	285·6	283·8	282·0	280·2	278·4	276·6	274·8	273·0	271·2	269·4	267·6	265·8
7	337·4	335·3	333·2	331·1	329·0	326·9	324·8	322·7	320·6	318·5	316·4	314·3	312·2	310·1
8	385·6	383·2	380·8	378·4	376·0	373·6	371·2	368·8	366·4	364·0	361·6	359·2	356·8	354·4
9	433·8	431·1	428·4	425·7	423·0	420·3	417·6	414·9	412·2	409·5	406·8	404·1	401·4	398·7

$log\, m = log\, 2\, R\, sin^2 \frac{1}{2} t$ $R = 206264{\cdot}8$

t	30m		31m		32m		33m		34m		35m	
30s	3·260988	474	3·288967	459	3·316069	444	3·342346	431	3·367848	418	3·392618	407
31	3·261462	474	3·289426	458	3·316513	445	3·342777	431	3·368266	419	3·393025	407
32	3·261936	473	3·289884	459	3·316958	444	3·343208	431	3·368685	418	3·393432	406
33	3·262409	473	3·290343	458	3·317402	444	3·343639	431	3·369103	418	3·393838	406
34	3·262882	473	3·290801	457	3·317846	443	3·344070	430	3·369521	418	3·394244	406
35	3·263355	472	3·291258	458	3·318289	444	3·344500	430	3·369939	418	3·394650	406
36	3·263827	473	3·291716	457	3·318733	443	3·344930	430	3·370357	417	3·395056	406
37	3·264300	472	3·292173	457	3·319176	443	3·345360	430	3·370774	418	3·395462	406
38	3·264772	471	3·292630	457	3·319619	443	3·345790	430	3·371192	417	3·395868	405
39	3·265243	472	3·293087	456	3·320062	442	3·346220	429	3·371609	417	3·396273	405
40	3·265715	471	3·293543	457	3·320504	442	3·346649	429	3·372026	416	3·396678	405
41	3·266186	471	3·294000	456	3·320946	442	3·347078	429	3·372442	417	3·397083	405
42	3·266657	471	3·294456	456	3·321388	442	3·347507	429	3·372859	416	3·397488	404
43	3·267128	470	3·294912	455	3·321830	442	3·347936	428	3·373275	416	3·397892	405
44	3·267598	470	3·295367	456	3·322272	441	3·348364	428	3·373691	416	3·398297	404
45	3·268068	470	3·295823	455	3·322713	441	3·348792	428	3·374107	416	3·398701	404
46	3·268538	470	3·296278	455	3·323154	441	3·349220	428	3·374523	415	3·399105	404
47	3·269008	470	3·296733	454	3·323595	441	3·349648	428	3·374938	416	3·399509	404
48	3·269478	469	3·297187	455	3·324036	441	3·350076	427	3·375354	415	3·399913	403
49	3·269947	469	3·297642	454	3·324477	440	3·350503	427	3·375769	415	3·400316	403
50	3·270416	468	3·298096	454	3·324917	440	3·350930	427	3·376184	414	3·400719	403
51	3·270884	469	3·298550	453	3·325357	440	3·351357	427	3·376598	415	3·401122	403
52	3·271353	468	3·299003	454	3·325797	439	3·351784	427	3·377013	414	3·401525	403
53	3·271821	468	3·299457	453	3·326236	440	3·352211	426	3·377427	414	3·401928	402
54	3·272289	467	3·299910	453	3·326676	439	3·352637	426	3·377841	414	3·402330	403
55	3·272756	468	3·300363	453	3·327115	439	3·353063	426	3·378255	414	3·402733	402
56	3·273224	467	3·300816	452	3·327554	438	3·353489	426	3·378669	413	3·403135	402
57	3·273691	467	3·301268	452	3·327992	439	3·353915	426	3·379082	414	3·403537	402
58	3·274158	467	3·301720	452	3·328431	438	3·354341	425	3·379496	413	3·403939	401
59	3·274625	466	3·302172	452	3·328869	438	3·354766	425	3·379909	413	3·404340	402
60	3·275091		3·302624		3·329307		3·355191		3·380322		3·404742	

$log\, n = log\, 2\, R\, sin^4 \frac{1}{2} t$ $R = 206264{\cdot}8$

t	30m		31m		32m		33m		34m		35m	
30s	0·9065	95	0·9625	91	1·0167	89	1·0692	86	1·1202	84	1·1698	81
40	0·9160	94	0·9716	91	1·0256	88	1·0778	86	1·1286	83	1·1779	81
50	0·9254	93	0·9807	91	1·0344	88	1·0864	85	1·1369	83	1·1860	80
60	0·9347		0·9898		1·0432		1·0949		1·1452		1·1940	

Proportionaltheile

	440	437	434	431	428	425	422	419	416	413	410	407	404	401
1	44·0	43·7	43·4	43·1	42·8	42·5	42·2	41·9	41·6	41·3	41·0	40·7	40·4	40·1
2	88·0	87·4	86·8	86·2	85·6	85·0	84·4	83·8	83·2	82·6	82·0	81·4	80·8	80·2
3	132·0	131·1	130·2	129·3	128·4	127·5	126·6	125·7	124·8	123·9	123·0	122·1	121·2	120·3
4	176·0	174·8	173·6	172·4	171·2	170·0	168·8	167·6	166·4	165·2	164·0	162·8	161·6	160·4
5	220·0	218·5	217·0	215·5	214·0	212·5	211·0	209·5	208·0	206·5	205·0	203·5	202·0	200·5
6	264·0	262·2	260·4	258·6	256·8	255·0	253·2	251·4	249·6	247·8	246·0	244·2	242·4	240·6
7	308·0	305·9	303·8	301·7	299·6	297·5	295·4	293·3	291·2	289·1	287·0	284·9	282·8	280·7
8	352·0	349·6	347·2	344·8	342·4	340·0	337·6	335·2	332·8	330·4	328·0	325·6	323·2	320·8
9	396·0	393·3	390·6	387·9	385·2	382·5	379·8	377·1	374·4	371·7	369·0	366·3	363·6	360·9

$log\ m = log\ 2\ R\ sin^2 \frac{1}{2}\ t$ $\qquad R = 206264\cdot8$

t	36m		37m		38m		39m		40m		41m	
0s	3·404742	401	3·428490	390	3·451602	380	3·474111	370	3·496047	361	3·517439	352
1	3·405143	401	3·428880	390	3·451982	380	3·474481	370	3·496408	361	3·517791	352
2	3·405544	401	3·429270	390	3·452362	379	3·474851	370	3·496769	360	3·518143	352
3	3·405945	400	3·429660	390	3·452741	380	3·475221	370	3·497129	361	3·518495	351
4	3·406345	401	3·430050	390	3·453121	379	3·475591	369	3·497490	360	3·518846	352
5	3·406746	400	3·430440	389	3·453500	379	3·475960	370	3·497850	360	3·519198	351
6	3·407146	400	3·430829	389	3·453879	379	3·476330	369	3·498210	360	3·519549	351
7	3·407546	400	3·431218	389	3·454258	379	3·476699	369	3·498570	360	3·519900	351
8	3·407946	400	3·431607	389	3·454637	379	3·477068	369	3·498930	360	3·520251	351
9	3·408346	399	3·431996	389	3·455016	378	3·477437	369	3·499290	359	3·520602	351
10	3·408745	400	3·432385	389	3·455394	379	3·477806	368	3·499649	360	3·520953	351
11	3·409145	399	3·432774	388	3·455773	378	3·478174	369	3·500009	359	3·521304	350
12	3·409544	399	3·433162	388	3·456151	378	3·478543	368	3·500368	359	3·521654	351
13	3·409943	399	3·433550	388	3·456529	378	3·478911	368	3·500727	359	3·522005	350
14	3·410342	398	3·433938	388	3·456907	377	3·479279	368	3·501086	359	3·522355	350
15	3·410740	399	3·434326	388	3·457284	378	3·479647	368	3·501445	359	3·522705	350
16	3·411139	398	3·434714	387	3·457662	377	3·480015	368	3·501804	358	3·523055	350
17	3·411537	398	3·435101	388	3·458039	377	3·480383	367	3·502162	359	3·523405	349
18	3·411935	398	3·435489	387	3·458416	377	3·480750	368	3·502521	358	3·523754	350
19	3·412333	398	3·435876	387	3·458793	377	3·481118	367	3·502879	358	3·524104	349
20	3·412731	397	3·436263	387	3·459170	377	3·481485	367	3·503237	358	3·524453	349
21	3·413128	397	3·436650	386	3·459547	376	3·481852	367	3·503595	358	3·524802	349
22	3·413525	397	3·437036	387	3·459923	377	3·482219	367	3·503953	357	3·525151	349
23	3·413922	397	3·437423	386	3·460300	376	3·482586	366	3·504310	358	3·525500	349
24	3·414319	397	3·437809	386	3·460676	376	3·482952	367	3·504668	357	3·525849	349
25	3·414716	397	3·438195	386	3·461052	376	3·483319	366	3·505025	357	3·526198	348
26	3·415113	396	3·438581	386	3·461428	376	3·483685	366	3·505382	357	3·526546	349
27	3·415509	396	3·438967	385	3·461804	375	3·484051	366	3·505739	357	3·526895	348
28	3·415905	396	3·439352	386	3·462179	376	3·484417	366	3·506096	357	3·527243	348
29	3·416301	396	3·439738	385	3·462555	375	3·484783	366	3·506453	356	3·527591	348
30	3·416697		3·440123		3·462930		3·485149		3·506809		3·527939	

$log\ n = log\ 2\ R\ sin^4 \frac{1}{2}\ t$ $\qquad R = 206264\cdot8$

t	36m		37m		38m		39m		40m		41m	
0s	1·1940	80	1·2415	78	1·2877	76	1·3328	74	1·3766	72	1·4194	71
10	1·2020	80	1·2493	78	1·2953	76	1·3402	73	1·3838	72	1·4265	70
20	1·2100	79	1·2571	77	1·3029	75	1·3475	73	1·3910	72	1·4335	69
30	1·2179		1·2648		1·3104		1·3548		1·3982		1·4404	

Proportionaltheile

	400	398	396	394	392	390	388	386	384	382	380	378	376	374	372
1	40·0	39·8	39·6	39·4	39·2	39·0	38·8	38·6	38·4	38·2	38·0	37·8	37·6	37·4	37·2
2	80·0	79·6	79·2	78·8	78·4	78·0	77·6	77·2	76·8	76·4	76·0	75·6	75·2	74·8	74·4
3	120·0	119·4	118·8	118·2	117·6	117·0	116·4	115·8	115·2	114·6	114·0	113·4	112·8	112·2	111·6
4	160·0	159·2	158·4	157·6	156·8	156·0	155·2	154·4	153·6	152·8	152·0	151·2	150·4	149·6	148·8
5	200·0	199·0	198·0	197·0	196·0	195·0	194·0	193·0	192·0	191·0	190·0	189·0	188·0	187·0	186·0
6	240·0	238·8	237·6	236·4	235·2	234·0	232·8	231·6	230·4	229·2	228·0	226·8	225·6	224·4	223·2
7	280·0	278·6	277·2	275·8	274·4	273·0	271·6	270·2	268·8	267·4	266·0	264·6	263·2	261·8	260·4
8	320·0	318·4	316·8	315·2	313·6	312·0	310·4	308·8	307·2	305·6	304·0	302·4	300·8	299·2	297·6
9	360·0	358·2	356·4	354·6	352·8	351·0	349·2	347·4	345·6	343·8	342·0	340·2	338·4	336·6	334·8

log m = log 2 R sin² ½ t $R = 206264{\cdot}8$

t	36ᵐ		37ᵐ		38ᵐ		39ᵐ		40ᵐ		41ᵐ	
30ˢ	3·416697	396	3·440123	385	3·462930	375	3·485149	365	3·506809	357	3·527939	348
31	3·417093	396	3·440508	385	3·463305	375	3·485514	366	3·507166	356	3·528287	347
32	3·417489	395	3·440893	385	3·463680	374	3·485880	365	3·507522	356	3·528634	348
33	2·417884	395	3·441278	384	3·464054	375	3·486245	365	3·507878	356	3·528982	347
34	3·418279	395	3·441662	385	3·464429	374	3·486610	365	3·508234	356	3·529329	348
35	3·418674	395	3·442047	384	3·464803	375	3·486975	364	3·508590	356	3·529677	347
36	3·419069	394	3·442431	384	3·465178	374	3·487339	365	3·508946	355	3·530024	347
37	3·419463	395	3·442815	384	3·465552	373	3·487704	364	3·509301	356	3·530371	347
38	3·419858	394	3·443199	384	3·465925	374	3·488068	365	3·509657	355	3·530718	346
39	3·420252	394	3·443583	383	3·466299	374	3·488433	364	3·510012	355	3·531064	347
40	3·420646	394	3·443966	384	3·466673	373	3·488797	364	3·510367	355	3·531411	346
41	3·421040	394	3·444350	383	3·467046	374	3·489161	364	3·510722	355	3·531757	346
42	3·421434	393	3·444733	383	3·467420	373	3·489525	363	3·511077	355	3·532103	347
43	3·421827	394	3·445116	383	3·467793	373	3·489888	364	3·511432	354	3·532450	346
44	3·422221	393	3·445499	383	3·468166	372	3·490252	363	3·511786	355	3·532796	345
45	3·422614	393	3·445882	382	3·468538	373	3·490615	363	3·512141	354	3·533141	346
46	3·423007	393	3·446264	382	3·468911	372	3·490978	363	3·512495	354	3·533487	346
47	3·423400	392	3·446646	383	3·469283	373	3·491341	363	3·512849	354	3·533833	345
48	3·423792	393	3·447029	382	3·469656	372	3·491704	363	3·513203	354	3·534178	345
49	3·424185	392	3·447411	382	3·470028	372	3·492067	363	3·513557	353	3·534523	346
50	3·424577	392	3·447793	381	3·470400	372	3·492430	362	3·513910	354	3·534869	345
51	3·424969	392	3·448174	382	3·470772	371	3·492792	362	3·514264	353	3·535214	344
52	3·425361	392	3·448556	381	3·471143	372	3·493154	362	3·514617	353	3·535558	345
53	3·425753	391	3·448937	381	3·471515	371	3·493516	362	3·514970	353	3·535903	345
54	3·426144	392	3·449318	381	3·471886	371	3·493878	362	3·515323	353	3·536248	344
55	3·426536	391	3·449699	381	3·472257	371	3·494240	362	3·515676	353	3·536592	345
56	3·426927	391	3·450080	381	3·472628	371	3·494602	361	3·516029	353	3·536937	344
57	3·427318	391	3·450461	380	3·472999	371	3·494963	362	3·516382	352	3·537281	344
58	3·427709	390	3·450841	381	3·473370	370	3·495325	361	3·516734	353	3·537625	344
59	3·428099	391	3·451222	380	3·473740	371	3·495686	361	3·517087	352	3·537969	344
60	3·428490		8·451602		3·474111		3·496047		3·517439		3·538313	

log n = log 2 R sin⁴ ½ t $R = 206264{\cdot}8$

t	36ᵐ		37ᵐ		38ᵐ		39ᵐ		40ᵐ		41ᵐ	
30ˢ	1·2179	79	1·2648	77	1·3104	75	1·3548	73	1·3982	71	1·4404	70
40	1·2258	79	1·2725	76	1·3179	74	1·3621	73	1·4053	71	1·4474	69
50	1·2337	78	1·2801	76	1·3253	75	1·3694	72	1·4124	70	1·4543	69
60	1·2415		1·2877		1·3328		1·3766		1·4194		1·4612	

Proportionaltheile

	370	368	366	364	362	360	358	356	354	352	350	348	346	344
1	37·0	36·8	36·6	36·4	36·2	36·0	35·8	35·6	35·4	35·2	35·0	34·8	34·6	34·4
2	74·0	73·6	73·2	72·8	72·4	72·0	71·6	71·2	70·8	70·4	70·0	69·6	69·2	68·8
3	111·0	110·4	109·8	109·2	108·6	108·0	107·4	106·8	106·2	105·6	105·0	104·4	103·8	103·2
4	148·0	147·2	146·4	145·6	144·8	144·0	143·2	142·4	141·6	140·8	140·0	139·2	138·4	137·6
5	185·0	184·0	183·0	182·0	181·0	180·0	179·0	178·0	177·0	176·0	175·0	174·0	173·0	172·0
6	222·0	220·8	219·6	218·4	217·2	216·0	214·8	213·6	212·4	211·2	210·0	208·8	207·6	206·4
7	259·0	257·6	256·2	254·8	253·4	252·0	250·6	249·2	247·8	246·4	245·0	243·6	242·2	240·8
8	296·0	294·4	292·8	291·2	289·6	288·0	286·4	284·8	283·2	281·6	280·0	278·4	276·8	275·2
9	333·0	331·2	329·4	327·6	325·8	324·0	322·2	320·4	318·6	316·8	315·0	313·2	311·4	309·6

$log\ m = log\ 2\ R\ sin^2 \frac{1}{2}\ t$ $R = 206204·8$

t	42m		43m		44m		45m		46m		47m	
0s	3·538313	343	3·558692	336	3·578601	328	3·598059	321	3·617087	314	3·635703	307
1	3·538656	344	3·559028	335	3·578929	327	3·598380	320	3·617401	313	3·636010	307
2	3·539000	343	3·559363	336	3·579256	328	3·598700	321	3·617714	313	3·636317	306
3	3·539343	343	3·559699	335	3·579584	328	3·599021	320	3·618027	314	3·636623	307
4	3·539686	343	3·560034	335	3·579912	327	3·599341	320	3·618341	313	3·636930	306
5	3·540029	343	3·560369	335	3·580239	327	3·599661	320	3·618654	313	3·637236	307
6	3·540372	343	3·560704	335	3·580566	328	3·599981	320	3·618967	313	3·637543	306
7	3·540715	343	3·561039	335	3·580894	327	3·600301	320	3·619280	313	3·637849	306
8	3·541058	343	3·561374	334	3·581221	327	3·600621	319	3·619593	312	3·638155	306
9	3·541401	342	3·561708	335	3·581548	327	3·600940	320	3·619905	313	3·638461	306
10	3·541743	342	3·562043	334	3·581875	326	3·601260	319	3·620218	312	3·638767	306
11	3·542085	342	3·562377	334	3·582201	327	3·601579	320	3·620530	313	3·639073	305
12	3·542427	342	3·562711	334	3·582528	326	3·601899	319	3·620843	312	3·639378	306
13	3·542769	342	3·563045	334	3·582854	327	3·602218	319	3·621155	312	3·639684	305
14	3·543111	342	3·563379	334	3·583181	326	3·602537	319	3·621467	312	3·639989	306
15	3·543453	342	3·563713	333	3·583507	326	3·602856	319	3·621779	312	3·640295	305
16	3·543795	341	3·564046	334	3·583833	326	3·603175	318	3·622091	312	3·640600	305
17	3·544136	341	3·564380	333	3·584159	326	3·603493	319	3·622403	311	3·640905	305
18	3·544477	342	3·564713	334	3·584485	325	3·603812	318	3·622714	312	3·641210	305
19	3·544819	341	3·565047	333	3·584810	326	3·604130	319	3·623026	311	3·641515	305
20	3·545160	340	3·565380	333	3·585136	325	3·604449	318	3·623337	312	3·641820	304
21	3·545500	341	3·565713	333	3·585461	326	3·604767	318	3·623649	311	3·642124	305
22	3·545841	341	3·566046	332	3·585787	325	3·605085	318	3·623960	311	3·642429	305
23	3·546182	340	3·566378	333	3·586112	325	3·605403	318	3·624271	311	3·642734	304
24	3·546522	341	3·566711	333	3·586437	325	3·605721	318	3·624582	311	3·643038	304
25	3·546863	340	3·567044	332	3·586762	325	3·606039	317	3·624893	310	3·643342	304
26	3·547203	340	3·567376	332	3·587087	325	3·606356	318	3·625203	311	3·643646	304
27	3·547543	340	3·567708	332	3·587412	324	3·606674	317	3·625514	311	3·643950	304
28	3·547883	340	3·568040	332	3·587736	325	3·606991	317	3·625825	310	3·644254	304
29	3·548223	340	3·568372	332	3·588061	324	3·607308	318	3·626135	310	3·644558	304
30	3·548563		3·568704		3·588385		3·607626		3·626445		3·644862	

$log\ n = log\ 2\ R\ sin^4 \frac{1}{2}\ t$ $R = 206264·8$

t	42m		43m		44m		45m		46m		47m	
0s	1·4612	68	1·5019	67	1·5417	66	1·5807	64	1·6187	63	1·6560	61
10	1·4680	69	1·5086	67	1·5483	65	1·5871	63	1·6250	62	1·6621	61
20	1·4749	68	1·5153	67	1·5548	65	1·5934	64	1·6312	62	1·6682	61
30	1·4817		1·5220		1·5613		1·5998		1·6374		1·6743	

Proportionaltheile

	344	342	340	338	336	334	332	330	328	326	324	322	320	318	316
1	34·4	34·2	34·0	33·8	33·6	33·4	33·2	33·0	32·8	32·6	32·4	32·2	32·0	31·8	31·6
2	68·8	68·4	68·0	67·6	67·2	66·8	66·4	66·0	65·6	65·2	64·8	64·4	64·0	63·6	63·2
3	103·2	102·6	102·0	101·4	100·8	100·2	99·6	99·0	98·4	97·8	97·2	96·6	96·0	95·4	94·8
4	137·6	136·8	136·0	135·2	134·4	133·6	132·8	132·0	131·2	130·4	129·6	128·8	128·0	127·2	126·4
5	172·0	171·0	170·0	169·0	168·0	167·0	166·0	165·0	164·0	163·0	162·0	161·0	160·0	159·0	158·0
6	206·4	205·2	204·0	202·8	201·6	200·4	199·2	198·0	196·8	195·6	194·4	193·2	192·0	190·8	189·6
7	240·8	239·4	238·0	236·6	235·2	233·8	232·4	231·0	229·6	228·2	226·8	225·4	224·0	222·6	221·2
8	275·2	273·6	272·0	270·4	268·8	267·2	265·6	264·0	262·4	260·8	259·2	257·6	256·0	254·4	252·8
9	309·6	307·8	306·0	304·2	302·4	300·6	298·8	297·0	295·2	293·4	291·6	289·8	288·0	286·2	284·4

$\log m = \log 2\, R \sin^2 \frac{1}{2}\, t$ $R = 206264{\cdot}8$

t	42m		43m		44m		45m		46m		47m	
30s	3·548563	339	3·568704	332	3·588385	324	3·607626	317	3·626445	311	3·644862	303
31	3·548902	340	3·569036	331	3·588709	324	3·607943	317	3·626756	310	3·645165	304
32	3·549242	339	3·569367	332	3·589033	324	3·608260	316	3·627066	310	3·645469	303
33	3·549581	339	3·569699	331	3·589357	324	3·608576	317	3·627376	309	3·645772	304
34	3·549920	339	3·570030	331	3·589681	324	3·608893	317	3·627685	310	3·646076	303
35	3·550259	339	3·570361	332	3·590005	324	3·609210	316	3·627995	310	3·646379	303
36	3·550598	339	3·570693	331	3·590329	323	3·609526	317	3·628305	309	3·646682	303
37	3·550937	339	3·571024	330	3·590652	323	3·609843	316	3·628614	310	3·646985	303
38	3·551276	338	3·571354	331	3·590975	324	3·610159	316	3·628924	309	3·647288	303
39	3·551614	339	3·571685	331	3·591299	323	3·610475	316	3·629233	309	3·647591	302
40	3·551953	338	3·572016	330	3·591622	323	3·610791	316	3·629542	309	3·647893	303
41	3·552291	338	3·572346	330	3·591945	323	3·611107	316	3·629851	309	3·648196	302
42	3·552629	338	3·572676	331	3·592268	322	3·611423	315	3·630160	309	3·648498	303
43	3·552967	338	3·573007	330	3·592590	323	3·611738	316	3·630469	309	3·648801	302
44	3·553305	337	3·573337	330	3·592913	323	3·612054	315	3·630778	309	3·649103	302
45	3·553642	338	3·573667	330	3·593236	322	3·612369	316	3·631087	308	3·649405	302
46	3·553980	337	3·573997	329	3·593558	322	3·612685	315	3·631395	309	3·649707	302
47	3·554317	338	3·574326	330	3·593880	322	3·613000	315	3·631704	308	3·650009	302
48	3·554655	337	3·574656	329	3·594202	322	3·613315	315	3·632012	308	3·650311	301
49	3·554992	337	3·574985	330	3·594524	322	3·613630	315	3·632320	308	3·650612	302
50	3·555329	337	3·575315	329	3·594846	322	3·613945	315	3·632628	308	3·650914	302
51	3·555666	337	3·575644	329	3·595168	322	3·614260	314	3·632936	308	3·651216	301
52	3·556003	336	3·575973	329	3·595490	322	3·614574	315	3·633244	308	3·651517	301
53	3·556339	337	3·576302	329	3·595812	321	3·614889	314	3·633552	307	3·651818	301
54	3·556676	336	3·576631	328	3·596133	321	3·615203	314	3·633859	308	3·652119	301
55	3·557012	337	3·576959	329	3·596454	321	3·615517	314	3·634167	307	3·652420	301
56	3·557349	336	3·577288	328	3·596775	322	3·615831	315	3·634474	308	3·652721	301
57	3·557685	336	3·577616	329	3·597097	321	3·616146	313	3·634782	307	3·653022	301
58	3·558021	336	3·577945	328	3·597418	320	3·616459	314	3·635089	307	3·653323	301
59	3·558357	335	3·578273	328	3·597738	321	3·616773	314	3·635396	307	3·653624	300
60	3·558692		3·578601		3·598059		3·617087		3·635703		3·653924	

$\log n = \log 2\, R \sin^4 \frac{1}{2}\, t$ $R = 206264{\cdot}8$

30s	1·4817	67	1·5220	66	1·5613	65	1·5998	63	1·6374	62	1·6743	60
40	1·4884	68	1·5286	66	1·5678	64	1·6061	63	1·6436	62	1·6803	61
50	1·4952	67	1·5352	65	1·5742	65	1·6124	63	1·6498	62	1·6864	60
60	1·5019		1·5417		1·5807		1·6187		1·6560		1·6924	

Proportionaltheile

	315	314	313	312	311	310	309	308	307	306	305	304	303	302	301
1	31·5	31·4	31·3	31·2	31·1	31·0	30·9	30·8	30·7	30·6	30·5	30·4	30·3	30·2	30·1
2	63·0	62·8	62·6	62·4	62·2	62·0	61·8	61·6	61·4	61·2	61·0	60·8	60·6	60·4	60·2
3	94·5	94·2	93·9	93·6	93·3	93·0	92·7	92·4	92·1	91·8	91·5	91·2	90·9	90·6	90·3
4	126·0	125·6	125·2	124·8	124·4	124·0	123·6	123·2	122·8	122·4	122·0	121·6	121·2	120·8	120·4
5	157·5	157·0	156·5	156·0	155·5	155·0	154·5	154·0	153·5	153·0	152·5	152·0	151·5	151·0	150·5
6	189·0	188·4	187·8	187·2	186·6	186·0	185·4	184·8	184·2	183·6	183·0	182·4	181·8	181·2	180·6
7	220·5	219·8	219·1	218·4	217·7	217·0	216·3	215·6	214·9	214·2	213·5	212·8	212·1	211·4	210·7
8	252·0	251·2	250·4	249·6	248·8	248·0	247·2	246·4	245·6	244·8	244·0	243·2	242·4	241·6	240·8
9	283·5	282·6	281·7	280·8	279·9	279·0	278·1	277·2	276·3	275·4	274·5	273·6	272·7	271·8	270·9

$log\ m = log\ 2\ R\ sin^2 \frac{1}{2}\ t$ $R = 206264 \cdot 8$

t	48m		49m		50m		51m		52m		53m	
0s	3·653924	301	3·671767	294	3·689247	288	3·706377	283	3·723173	277	3·739645	272
1	3·654225	300	3·672061	294	3·689535	288	3·706660	282	3·723450	277	3·739917	272
2	3·654525	300	3·672355	294	3·689823	288	3·706942	283	3·723727	277	3·740189	272
3	3·654825	300	3·672649	294	3·690111	288	3·707225	282	3·724004	277	3·740461	271
4	3·655125	300	3·672943	294	3·690399	288	3·707507	283	3·724281	276	3·740732	272
5	3·655425	300	3·673237	294	3·690687	288	3·707790	282	3·724557	277	3·741004	271
6	3·655725	300	3·673531	294	3·690975	288	3·708072	282	3·724834	277	3·741275	272
7	3·656025	300	3·673825	293	3·691263	287	3·708354	282	3·725111	276	3·741547	271
8	3·656325	299	3·674118	294	3·691550	288	3·708636	282	3·725387	277	3·741818	271
9	3·656624	300	3·674412	293	3·691838	288	3·708918	281	3·725664	276	3·742089	271
10	3·656924	299	3·674705	293	3·692126	287	3·709199	282	3·725940	276	3·742360	271
11	3·657223	300	3·674998	293	3·692413	287	3·709481	282	3·726216	276	3·742631	271
12	3·657523	299	3·675291	294	3·692700	287	3·709763	281	3·726492	277	3·742902	271
13	3·657822	299	3·675585	293	3·692987	287	3·710044	282	3·726769	276	3·743173	271
14	3·658121	299	3·675878	292	3·693274	287	3·710326	281	3·727045	275	3·743444	270
15	3·658420	299	3·676170	293	3·693561	287	3·710607	281	3·727320	276	3·743714	271
16	3·658719	298	3·676463	293	3·693848	287	3·710888	281	3·727596	276	3·743985	271
17	3·659017	299	3·676756	292	3·694135	287	3·711169	281	3·727872	276	3·744256	270
18	3·659316	299	3·677048	293	3·694422	286	3·711450	281	3·728148	275	3·744526	270
19	3·659615	298	3·677341	292	3·694708	287	3·711731	281	3·728423	276	3·744796	270
20	3·659913	298	3·677633	292	3·694995	286	3·712012	281	3·728699	275	3·745066	271
21	3·660211	299	3·677925	293	3·695281	287	3·712293	281	3·728974	275	3·745337	270
22	3·660510	298	3·678218	292	3·695568	286	3·712574	280	3·729249	276	3·745607	270
23	3·660808	298	3·678510	292	3·695854	286	3·712854	281	3·729525	275	3·745877	270
24	3·661106	298	3·678802	291	3·696140	286	3·713135	280	3·729800	275	3·746147	269
25	3·661404	298	3·679093	292	3·696426	286	3·713415	281	3·730075	275	3·746416	270
26	3·661702	297	3·679385	292	3·696712	286	3·713696	280	3·730350	275	3·746686	270
27	3·661999	298	3·679677	291	3·696998	285	3·713976	280	3·730625	274	3·746956	269
28	3·662297	298	3·679968	292	3·697283	286	3·714256	280	3·730899	275	3·747225	270
29	3·662595	297	3·680260	291	3·697569	286	3·714536	280	3·731174	274	3·747495	269
30	3·662892		3·680551		3·697855		3·714816		3·731448		3·747764	

$log\ n = log\ 2\ R\ sin^4 \frac{1}{2}\ t$ $R = 206264 \cdot 8$

0s	1·6924	60	1·7281	59	1·7630	58	1·7973	56	1·8309	55	1·8638	55
10	1·6984	60	1·7340	58	1·7688	57	1·8029	57	1·8364	55	1·8693	54
20	1·7044	59	1·7398	58	1·7745	58	1·8086	56	1·8419	55	1·8747	54
30	1·7103		1·7456		1·7803		1·8142		1·8474		1·8801	

Propoitionaltheile

	299	298	297	296	295	294	293	292	291	290	289	288	287	286	285
1	29·9	29·8	29·7	29·6	29·5	29·4	29·3	29·2	29·1	29·0	28·9	28·8	28·7	28·6	28·5
2	59·8	59·6	59·4	59·2	59·0	58·8	58·6	58·4	58·2	58·0	57·8	57·6	57·4	57·2	57·0
3	89·7	89·4	89·1	88·8	88·5	88·2	87·9	87·6	87·3	87·0	86·7	86·4	86·1	85·8	85·5
4	119·6	119·2	118·8	118·4	118·0	117·6	117·2	116·8	116·4	116·0	115·6	115·2	114·8	114·4	114·0
5	149·5	149·0	148·5	148·0	147·5	147·0	146·5	146·0	145·5	145·0	144·5	144·0	143·5	143·0	142·5
6	179·4	178·8	178·2	177·6	177·0	176·4	175·8	175·2	174·6	174·0	173·4	172·8	172·2	171·6	171·0
7	209·3	208·6	207·9	207·2	206·5	205·8	205·1	204·4	203·7	203·0	202·3	201·6	200·9	200·2	199·5
8	239·2	238·4	237·6	236·8	236·0	235·2	234·4	233·6	232·8	232·0	231·2	230·4	229·6	228·8	228·0
9	269·1	268·2	267·3	266·4	265·5	264·6	263·7	262·8	261·9	261·0	260·1	259·2	258·3	257·4	256·5

log m = *log* 2 *R sin*² ½ *t*   *R* = 206264·8

t	48m		49m		50m		51m		52m		53m	
30s	3·662892	297	3·680551	292	3·697855	285	3·714816	280	3·731448	275	3·747764	270
31	3·663189	297	3·680843	291	3·698140	285	3·715096	280	3·731723	274	3·748034	269
32	3·663486	298	3·681134	291	3·698425	286	3·715376	279	3·731997	275	3·748303	269
33	3·663784	297	3·681425	291	3·698711	285	3·715655	280	3·732272	274	3·748572	269
34	3·664081	296	3·681716	291	3·698996	285	3·715935	279	3·732546	274	3·748841	269
35	3·664377	297	3·682007	290	3·699281	285	3·716214	280	3·732820	274	3·749110	269
36	3·664674	297	3·682297	291	3·699566	285	3·716496	279	3·733094	274	3·749379	269
37	3·664971	297	3·682588	291	3·699851	285	3·716773	279	3·733368	274	3·749648	268
38	3·665268	296	3·682879	290	3·700136	284	3·717052	280	3·733642	274	3·749916	269
39	3·665564		3·683169		3·700420		3·717332		3·733916		3·750185	
		296		290		285		279		273		269
40	3·665860	297	3·683459	291	3·700705	284	3·717611	279	3·734189	274	3·750454	268
41	3·666157	296	3·683750	290	3·700989	285	3·717890	278	3·734463	274	3·750722	269
42	3·666453	296	3·684040	290	3·701274	284	3·718168	279	3·734737	273	3·750991	268
43	3·666749	296	3·684330	290	3·701558	284	3·718447	279	3·735010	273	3·751259	268
44	3·667045	296	3·684620	290	3·701842	285	3·718726	278	3·735283	274	3·751527	268
45	3·667341	296	3·684910	290	3·702127	284	3·719004	279	3·735557	273	3·751795	268
46	3·667637	295	3·685200	289	3·702411	284	3·719283	278	3·735830	273	3·752063	268
47	3·667932	296	3·685489	290	3·702695	283	3·719561	279	3·736103	273	3·752331	268
48	3·668228	295	3·685779	289	3·702978	284	3·719840	278	3·736376	273	3·752599	268
49	3·668523		3·686068		3·703262		3·720118		3·736649		3·752867	
		296		290		284		278		273		268
50	3·668819	295	3·686358	289	3·703546	283	3·720396	278	3·736922	272	3·753135	267
51	3·669114	295	3·686647	289	3·703829	284	3·720674	278	3·737194	273	3·753402	268
52	3·669409	295	3·686936	290	3·704113	283	3·720952	278	3·737467	273	3·753670	267
53	3·669704	295	3·687226	289	3·704396	284	3·721230	278	3·737740	272	3·753937	268
54	3·669999	295	3·687515	288	3·704680	283	3·721508	277	3·738012	273	3·754205	267
55	3·670294	295	3·687803	289	3·704963	283	3·721785	278	3·738285	272	3·754472	267
56	3·670589	295	3·688092	289	3·705246	283	3·722063	278	3·738557	272	3·754739	267
57	3·670884	294	3·688381	289	3·705529	283	3·722341	277	3·738829	272	3·755006	267
58	3·671178	395	3·688670	288	3·705812	283	3·722618	277	3·739101	272	3·755273	267
59	3·671473		3·688958		3·706095		3·722895		3·739373		3·755540	
		294		289		282		278		272		267
60	3·671767		3·689247		3·706377		3·723173		3·739645		3·755807	

log n = *log* 2 *R sin*⁴ ½ *t*   *R* = 206264·8

t	48m		49m		50m		51m		52m		53m	
30s	1·7103	60	1·7456	59	1·7803	57	1·8142	56	1·8474	55	1·8801	54
40	1·7163	59	1·7515	58	1·7860	56	1·8198	55	1·8529	55	1·8855	53
50	1·7222	59	1·7573	57	1·7916	57	1·8253	56	1·8584	54	1·8908	54
60	1·7281		1·7630		1·7973		1·8309		1·8638		1·8962	

Proportionaltheile

	284	283	282	281	280	279	278	277	276	275	274	273	272	271	270
1	28·4	28·3	28·2	28·1	28·0	27·9	27·8	27·7	27·6	27·5	27·4	27·3	27·2	27·1	27·0
2	56·8	56·6	56·4	56·2	56·0	55·8	55·6	55·4	55·2	55·0	54·8	54·6	54·4	54·2	54·0
3	85·2	84·9	84·6	84·3	84·0	83·7	83·4	83·1	82·8	82·5	82·2	81·9	81·6	81·3	81·0
4	113·6	113·2	112·8	112·4	112·0	111·6	111·2	110·8	110·4	110·0	109·6	109·2	108·8	108·4	108·0
5	142·0	141·5	141·0	140·5	140·0	139·5	139·0	138·5	138·0	137·5	137·0	136·5	136·0	135·5	135·0
6	170·4	169·8	169·2	168·6	168·0	167·4	166·8	166·2	165·6	165·0	164·4	163·8	163·2	162·6	162·0
7	198·8	198·1	197·4	196·7	196·0	195·3	194·6	193·9	193·2	192·5	191·8	191·1	190·4	189·7	189·0
8	227·2	226·4	225·6	224·8	224·0	223·2	222·4	221·6	220·8	220·0	219·2	218·4	217·6	216·8	216·0
9	255·6	254·7	253·8	252·9	252·0	251·1	250·2	249·3	248·4	247·5	246·6	245·7	244·8	243·9	243·0

log m = log 2 R sin² ½ t *R = 206264·8*

t	54m		55m		56m		57m		58m		59m	
0s	3·755807	267	3·771670	262	3·787244	257	3·802540	252	3·817567	248	3·832334	244
1	3·756074	267	3·771932	262	3·787501	257	3·802792	253	3·817815	248	3·832578	244
2	3·756341	266	3·772194	261	3·787758	257	3·803045	252	3·818063	248	3·832822	244
3	3·756607	267	3·772455	262	3·788015	257	3·803297	253	3·818311	248	3·833066	243
4	3·756874	266	3·772717	262	3·788272	257	3·803550	252	3·818559	248	3·833309	244
5	3·757140	267	3·772979	261	3·788529	257	3·803802	252	3·818807	248	3·833553	244
6	3·757407	266	3·773240	262	3·788786	257	3·804054	253	3·819055	248	3·833797	243
7	3·757673	266	3·773502	261	3·789043	256	3·804307	252	3·819303	248	3·834040	244
8	3·757939	266	3·773763	261	3·789299	257	3·804559	252	3·819551	247	3·834284	243
9	3·758205	266	3·774024	261	3·789556	256	3·804811	252	3·819798	248	3·834527	244
10	3·758471	266	3·774285	261	3·789812	257	3·805063	251	3·820046	247	3·834771	243
11	3·758737	266	3·774546	261	3·790069	256	3·805314	252	3·820293	248	3·835014	243
12	3·759003	266	3·774807	261	3·790325	256	3·805566	252	3·820541	247	3·835257	243
13	3·759269	266	3·775068	261	3·790581	257	3·805818	252	3·820788	247	3·835500	243
14	3·759535	265	3·775329	261	3·790838	256	3·806070	251	3·821035	248	3·835743	243
15	3·759800	266	3·775590	261	3·791094	256	3·806321	252	3·821283	247	3·835986	243
16	3·760066	266	3·775851	260	3·791350	256	3·806573	251	3·821530	247	3·836229	243
17	3·760332	265	3·776111	261	3·791606	256	3·806824	252	3·821777	247	3·836472	243
18	3·760597	265	3·776372	261	3·791862	255	3·807076	251	3·822024	247	3·836715	243
19	3·760862	265	3·776633	260	3·792117	256	3·807327	251	3·822271	246	3·836958	242
20	3·761127	266	3·776893	260	3·792373	256	3·807578	251	3·822517	247	3·837200	243
21	3·761393	265	3·777153	260	3·792629	255	3·807829	251	3·822764	247	3·837443	242
22	3·761658	265	3·777413	261	3·792884	256	3·808080	251	3·823011	247	3·837685	243
23	3·761923	265	3·777674	260	3·793140	255	3·808331	251	3·823258	246	3·837928	242
24	3·762188	265	3·777934	260	3·793395	255	3·808582	251	3·823504	247	3·838170	243
25	3·762453	264	3·778194	260	3·793650	256	3·808833	251	3·823751	246	3·838413	242
26	3·762717	265	3·778454	259	3·793906	255	3·809084	251	3·823997	247	3·838655	242
27	3·762982	264	3·778713	260	3·794161	255	3·809335	250	3·824244	246	3·838897	242
28	3·763246	265	3·778973	260	3·794416	255	3·809585	251	3·824490	246	3·839139	242
29	3·763511	264	3·779233	259	3·794671	255	3·809836	250	3·824736	246	3·839381	242
30	3·763775		3·779492		3·794926		3·810086		3·824982		3·839623	

log n = log 2 R sin⁴ ½ t *R = 206264·8*

t	54m		55m		56m		57m		58m		59m	
0s	1·8962	53	1·9279	52	1·9590	52	1·9896	51	2·0197	49	2·0492	49
10	1·9015	53	1·9331	52	1·9642	51	1·9947	50	2·0246	50	2·0541	48
20	1·9068	53	1·9383	52	1·9693	51	1·9997	50	2·0296	49	2·0589	49
30	1·9121		1·9435		1·9744		2·0047		2·0345		2·0638	

Proportionaltheile

	269	268	267	266	265	264	263	262	261	260	259	258	257	256	255
1	26·9	26·8	26·7	26·6	26·5	26·4	26·3	26·2	26·1	26·0	25·9	25·8	25·7	25·6	25·5
2	53·8	53·6	53·4	53·2	53·0	52·8	52·6	52·4	52·2	52·0	51·8	51·6	51·4	51·2	51·0
3	80·7	80·4	80·1	79·8	79·5	79·2	78·9	78·6	78·3	78·0	77·7	77·4	77·1	76·8	76·5
4	107·6	107·2	106·8	106·4	106·0	105·6	105·2	104·8	104·4	104·0	103·6	103·2	102·8	102·4	102·0
5	134·5	134·0	133·5	133·0	132·5	132·0	131·5	131·0	130·5	130·0	129·5	129·0	128·5	128·0	127·5
6	161·4	160·8	160·2	159·6	159·0	158·4	157·8	157·2	156·6	156·0	155·4	154·8	154·2	153·6	153·0
7	188·3	187·6	186·9	186·2	185·5	184·8	184·1	183·4	182·7	182·0	181·3	180·6	179·9	179·2	178·5
8	215·2	214·4	213·6	212·8	212·0	211·2	210·4	209·6	208·8	208·0	207·2	206·4	205·6	204·8	204·0
9	242·1	241·2	240·3	239·4	238·5	237·6	236·7	235·8	234·9	234·0	233·1	232·2	231·3	230·4	229·5

log m = *log* 2 *R sin*² ½ *t* R = 206264·8

t	54ᵐ		55ᵐ		56ᵐ		57ᵐ		58ᵐ		59ᵐ	
30ˢ	3·763775	265	3·779492	260	3·794926	255	3·810086	251	3·824982	246	3·839623	242
31	3·764040	264	3·779752	259	3·795181	255	3·810337	250	3·825228	246	3·839865	242
32	3·764304	264	3·780011	260	3·795436	254	3·810587	250	3·825474	246	3·840107	242
33	3·764568	264	3·780271	259	3·795690	255	3·810837	250	3·825720	246	3·840349	241
34	3·764832	264	3·780530	259	3·795945	255	3·811087	250	3·825966	246	3·840590	242
35	3·765096	264	3·780789	259	3·796200	254	3·811337	250	3·826212	246	3·840832	242
36	3·765360	264	3·781048	259	3·796454	255	3·811587	250	3·826458	245	3·841074	241
37	3·765624	264	3·781307	259	3·796709	254	3·811837	250	3·826703	246	3·841315	241
38	3·765888	263	3·781566	259	3·796963	254	3·812087	250	3·826949	245	3·841556	242
39	3·766151		3·781825		3·797217		3·812337		3·827194		3·841798	
		264		259		254		250		246		241
40	3·766415	263	3·782084	259	3·797471	255	3·812587	250	3·827440	245	3·842039	241
41	3·766678	264	3·782343	258	3·797726	254	3·812837	249	3·827685	246	3·842280	241
42	3·766942	263	3·782601	259	3·797980	254	3·813086	250	3·827931	245	3·842521	242
43	3·767205	263	3·782860	258	3·798234	253	3·813336	249	3·828176	245	3·842763	241
44	3·767468	264	3·783118	259	3·798487	254	3·813585	250	3·828421	245	3·843004	240
45	3·767732	263	3·783377	258	3·798741	254	3·813835	249	3·828666	245	3·843244	241
46	3·767995	263	3·783635	259	3·798995	254	3·814084	249	3·828911	245	3·843485	241
47	3·768258	263	3·783894	258	3·799249	253	3·814333	249	3·829156	245	3·843726	241
48	3·768521	263	3·784152	258	3·799502	254	3·814582	249	3·829401	245	3·843967	241
49	3·768784		3·784410		3·799756		3·814831		3·829646		3·844208	
		263		258		253		249		244		240
50	3·769047	262	3·784668	258	3·800009	254	3·815080	249	3·829890	245	3·844448	241
51	3·769309	263	3·784926	258	3·800263	253	3·815329	249	3·830135	245	3·844689	240
52	3·769572	262	3·785184	257	3·800516	253	3·815578	249	3·830380	244	3·844929	241
53	3·769834	263	3·785441	258	3·800769	253	3·815827	249	3·830624	245	3·845170	240
54	3·770097	262	3·785699	258	3·801022	253	3·816076	249	3·830869	244	3·845410	240
55	3·770359	262	3·785957	257	3·801275	253	3·816325	248	3·831113	245	3·845650	240
56	3·770621	263	3·786214	258	3·801528	253	3·816573	249	3·831358	244	3·845890	240
57	3·770884	262	3·786472	257	3·801781	253	3·816822	248	3·831602	244	3·846130	241
58	3·771146	262	3·786729	258	3·802034	253	3·817070	248	3·831846	244	3·846371	240
59	3·771408		3·786987		3·802287		3·817318		3·832090		3·846611	
		262		257		253		249		244		240
60	3·771670		3·787244		3·802540		3·817567		3·832334		3·846851	

log n = *log* 2 *R sin*⁴ ½ *t* R = 206264·8

t												
30ˢ	1·9121	53	1·9435	52	1·9744	51	2·0047	50	2·0345	49	2·0638	48
40	1·9174	52	1·9487	52	1·9795	51	2·0097	50	2·0394	49	2·0686	48
50	1·9226	53	1·9539	51	1·9846	50	2·0147	50	2·0443	49	2·0734	48
60	1·9279		1·9590		1·9896		2·0197		2·0492		2·0782	

Proportionaltheile

	254	253	252	251	250	249	248	247	246	245	244	243	242	241	240
1	25·4	25·3	25·2	25·1	25·0	24·9	24·8	24·7	24·6	24·5	24·4	24·3	24·2	24·1	24·0
2	50·8	50·6	50·4	50·2	50·0	49·8	49·6	49·4	49·2	49·0	48·8	48·6	48·4	48·2	48·0
3	76·2	75·9	75·6	75·3	75·0	74·7	74·4	54·1	73·8	73·5	73·2	72·9	72·6	72·3	72·0
4	101·6	101·2	100·8	100·4	100·0	99·6	99·2	98·8	98·4	98·0	97·6	97·2	96·8	96·4	96·0
5	127·0	126·5	126·0	125·5	125·0	124·5	124·0	123·5	123·0	122·5	122·0	121·5	121·0	120·5	120·0
6	152·4	151·8	151·2	150·6	150·0	149·4	148·8	148·2	147·6	147·0	146·4	145·8	145·2	144·6	144·0
7	177·8	177·1	176·4	175·7	175·0	174·3	173·6	172·9	172·2	171·5	170·8	170·1	169·4	168·7	168·0
8	203·2	202·4	201·6	200·8	200·0	199·2	198·4	197·6	196·8	196·0	195·2	194·4	193·6	192·8	192·0
9	228·6	227·7	226·8	225·9	225·0	224·1	223·2	222·3	221·4	220·5	219·6	218·7	217·8	216·9	216·0

Tafel VI.

Verzeichniss der Bahnelemente der Kometen.

Ueber die Bezeichnung (Col. 1) vergl. Bd. 2, pag. 52.

In der Columne »Name des Entdeckers« sind für die erste Zeit die Quellen angegeben, wo der betreffende Komet erwähnt worden ist; bei auffallenden Erscheinungen späterer Zeit, welche an verschiedenen Orten zugleich gesehen wurden, ist nur der eine oder andere Name des ersten Beobachters angeführt.

In der letzten Columne bedeutet:

A. N. Astronomische Nachrichten.
A. J. Astronomical Journal.
B. A. Bulletin Astronomique.
B. J. Berliner Astronomisches Jahrbuch.
C. R. Comptes Rendus de l'Acad. Française.
C. d. T. Connaissance des Temps.
M. N. Monthly Notices of the R. Astron. Society.
M. C. ZACHS' Monatliche Correspondenz.
Nat. »Nature« (London).
Obs. »Observatory« ed. Greenwich.
V. J. S. Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft.

Die übrigen Abkürzungen bedürfen keiner Erläuterung.

Be-zeich-nung	No. nach Galle II.	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω	Länge des aufst. Knotens ☊	Neigung *i*
		v. Chr.	Alter Stil			
1	1	372	Winter	120°	270° bis 330°	unter 150°
2	2	137	April 29	350	220	160
3	3	69	Juli	150	165	70
(19)	4	12	Octob. 8·80	108	28	170
		n. Chr.				
(19)	5	66	Januar 14·2	67° 40′	32° 40′	139° 30′
(19)	6	141	März 29·1	120 55	12 50	163 0
[a]	7	240	Novemb. 10·0	82	189	44
[b]	8	539	Octob. 20·62	255·5 od. 75·5	58 od. 238	10
[c]	9	565	Juli 14·5	79 30	159 30	121
4	10	568	August 29·33	24 20	294 15	4 8
5	11	574	April 7·29	15 22	128 17	46 31
6	12	770	Juli 6·65	86 46	88 54	129 29
(19)	13	837	März 1·00	277 30	206 33	170 od. 168
7	14	961	Decemb. 30·17	82 32	350 35	100 27
(19)	15	989	Septemb. 12·0	180	84	163
[d]	16	1006	März 22	94 bis 93	38	162 30
(19)	17	1066	April 1·0	120 55	25 50	163 0
8	18	1092	Febr. 15·0	30 40	125 40	28 55
9	19	1097	Septemb. 21·9	125 0	207 30	73 30
10	20	1231	Januar 30·307	121 18	13 30	6 5
11	21	1264	Juli 19·80	159 34	140 55	16 29
12	22	1299	März 31·318	103 48	107 8	111 3
(19)	23	1301	Octob. 24·0	186	138	167
13	24	1337	Juni 15·08	90 41	93 1	139 32
[e]	25	1351	Novemb. 26·5	unbestimmt	unbestimmt	unbestimmt
14	26	1362	März 2·33	10	237	148
15	27	1366	Octob. 21·461	169 21	217 25	152 23
(19)	28 II	1378	Novemb. 8·77	107 46	47 17	162 4
16	29	1385	Octob. 16·27	166 44	268 31	127 45
(f)	30	1402	März 21	91	117	55
17	31	1433	Novemb. 7·7766	189 19·2	96 20·3	104 0·1
18	32	1449	Decemb. 9·3747	356 52·0	261 17·8	155 40·5
19	33 II	1456	Juni 8·20875	104 49 17	43 46 4	162 22 33
20	34	1457 I	Januar 17·9859	194 54·2	249 39·3	13 15·7

Bezeichnung	Log. der Periheldist. *log q*	Excentricität *e*	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
1	sehr klein		von ARISTOTELES erwähnt	PINGRÉ		PINGRÉ I, 262, 63
2	0·0043		Chines. Beob.	PEIRCE		Americ. Alm. 1847
3	9·90		Chines. Beob.	PEIRCE		Americ. Alm. 1847
(19)	9·76			HIND		HIND, Kometen, pag. 142.
(19)	9·6480		Chines. Beob.	HIND		A. N. XXVII, 157
(19)	9·857			HIND		M. N. X, 57
[a]	9·570		Chines. Beob.	BURCKHARDT		M. C. X, 167
[b]	9·53307		Chines. Beob.	BURCKHARDT		M. C. II, 415. XVI, 498
[c]	9·92000		Chines. Beob.	BURCKHARDT		M. C. X, 162
4	9·95779		Chines. Beob.	LAUGIER		C. R. XXII, 156
5	9·9836		Chines. Beob.	HIND		A. N. XXI, 279. XXIII, 377
6	9·7801		Chines. Beob.	HIND		A. N. XXIII, 377
(19)	9·763428		Chines. Beob.	PINGRÉ		PINGRÉ I, 340
7	9·7418		Chines. Beob.	HIND		A. N. XXIII, 377
(19)	9·7546		Chines. Beob.	BURCKHARDT		M. C. X, 167
[d]	9·76604			PINGRÉ		PINGRÉ I, 364
(19)	9·857			HIND		M. N. X, 54
8	9·9676		Chines. Beob.	HIND		A. N. XXVII, 157
9	9·86832		Chines. Beob.	BURCKHARDT	Octob. 6—17	M. C. II, 417. XVI, 501
10	9·9767		Chines. Beob.	PINGRÉ		PINGRÉ I, 401
11	9·9164			HOEK	3 Monate	HOEK, De Kometen, pag. 55
12	9·502330			PINGRÉ		PINGRÉ I, 419
(19)	9·806			LAUGIER		C. d. T. 1846, 97
13	9·91815			LAUGIER		C. R. XXII, 153.
[e]	0·00		Chines. Beob.	BURCKHARDT	Nov. 24—30	M. C. II, 418. XVI, 503
14	9·67214		Chines. Beob.	BURCKHARDT		M. C. X, 166
15	9·99114			HIND		Obs. IX, 283
(19)	9·76604		Chines. Beob.	LAUGIER		C. R. XVI, 1005
16	9·8886		Chines. Beob.	HIND		A. N. XXI, 279. XXIII, 377
[f]	9·58			HIND		Nat. XVI, 50
17	9·69264		TOSCANELLI	CELORIA	Oct. 5—31	A. N. CIX, 110
18	9·51510		TOSCANELLI	CELORIA	1449 Dec. 26 bis 1450 Febr. 13	A. N. CIX, 269
19	9·76363	0·96783	TOSCANELLI	CELORIA	Juni 8—Juli 8	A. N. CXI, 70
20	9·84718		TOSCANELLI	CELORIA	Jan. 23—27	A. N. CX, 174

Bezeichnung	No. nach Galle II	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω	Länge des aufst. Knotens ☊	Neigung *i*
21	35	1457 II	August 8·0071	185° 8′·1	184° 24′·2	9° 51′·7
22	36	1468	Octob. 7·433	69 43	71 5	141 59
23	37	1472	Febr. 29·94555	246 6 58″	285 53 25″	170 50 6″
24	38	1490	Decemb. 24·48	129 55	288 45	51 37
[g]	39	1499	Septemb. 6·19	33 30	326 30	21
[h]	40	1500	Mai 17	20	310	105
25	41	1506	Septemb. 3·668	242 13	132 50	134 59
(19)	42 H	1531	August 25·799	104 18	45 30	163 0
26	43	1532	Octob. 19·3389	24 25	87 23	32 36
[i]	44	1533	Juni 14·889	278 21	299 19	28 14
27	45	1556	April 22·1911	100 52·6	175 13·9	32 25·7
28	46	1558	Septemb. 13·55	119 37	335 3	110 53
29	47	1577	Octob. 26·9541	225 38 24	25 20 24	104 50 18
30	48	1580	Novemb. 28·49961	89 20 14	19 6 42	64 33 49
31	49	1582	Mai 6·4197	331 56 50	227 13 33	118 34 9
32	50	1585	Neuer Stil Octob. 8·0327	331 24 10	37 44 15	6 5 52
33	51	1590	Febr. 8·03363	307 39 44	165 36 56	150 30 16
34	52	1593	Juli 18·575	12 4	164 15	87 58
35	53	1596	Juli 25·2208	59 26 14	330 20 49	128 1 50
(19)	54 H	1607	Octob. 27·0148	107 27 10	48 14 9	162 53 43
36	55	1618 I	Aug. 17·133	24 55	293 25	21 28
37	56	1618 II	Novemb. 8·3572	287 21 11	75 44 10	37 11 31
38	57	1652	Novemb. 12·6593	300 8 40	88 10 0	79 28 0
39	58	1661	Januar 26·8875	33 22 8	81 54 0	33 0 55
40	59	1664	Decemb. 4·4898	310 33 15	81 15 52	158 41 48
41	60	1665	April 24·2253	156 7 30	228 2 0	103 55 0
42	61	1668	Febr. 28·8	80 15	357 17	144 2
43	62	1672	März 1·45319	109 33 32	298 6 30	82 56 45
44	63	1677	Mai 6·0322	99 12 5	236 49 10	100 56 45
45	64	1678	August 18·3213	159 27 37	163 20	2 52
46	65	1680	Decemb. 17·99409	350 39 36	272 9 29	60 40 16
(19)	66 H	1682	Septemb. 14·80155	109 15 41	51 11 18	162 15 15
47	67	1683	Juli 13·09717	87 48 40	173 24 40	96 46 45
48	68	1684	Juni 8·269	330 20 41	268 10 32	65 25 8
49	69	1686	Septemb. 15·8314	81 54·6	354 8·8	34 55·7

Bezeichnung	Log. der Periheldist. *log q*	Excentricität *e*	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
21	9·88106		Toscanelli	Celoria	Juli 6 – Aug. 4	A. N. CX, 173
22	9·91893			Valz		C. R. XXII, 425
23	9·68654			Celoria		A. N. CXII, 53
24	9·8678		Chines. Beob.	Hind		A. N. XXIII, 377
[g]	9·9795		Chines. Beob.	Hind		Par. Bull. 1861. 8. 9
[h]	0·146		Chines. Beob.	Hind		Par. Bull. 1861. 8. 9
25	9·58657		Chines. Beob.	Laugier	Juli 31 – Aug. 14	C. R. XXII, 154
(19)	9·76338	0·967391	Apian	Halley		Halley, Tab. astr.
26	9·71535			Olbers		Hindenb. Mag. 1787, 440
(i)	9·514362			Olbers		B. J. 1800, 126
27	9·69092			Hoek	März 4 – April 25	A. N. LV, 216
28	9·4480		Fabricius	Hoek		A. N. LXVIII, 96
29	9·24920		Tycho Brahe	Woldstedt		A. N. XXIV, 7
30	9·77986		Tycho Brahe	Schjellerup		A. N. XLII, 173
31	9·22716		Tycho Brahe	Marth	Mai 12—18	Nat. XIX, 123
32	0·0393531		Tycho Brahe	C. A. F. Peters und Sawitsch	Octob. 19 bis Nov. 17	A. N. XXIX, 269
33	9·7541386		Tycho Brahe	Hind	März 5 – 16	A. N. XXV, 131
34	8·94994		Ripensis	La Caille		M. d. Paris 1747, 562
35	9·7537024		Tycho Brahe Moestlin	Hind		A. N. XXIII, 232
(19)	9·766543	0·9674544	Harriot, Longomontan	Lehmann		A. N. XII, 391
36	9·710100		Kepler	Pingré	Aug. 25 – Sept. 25	Pingré II, 4. 100
37	9·590556			Bessel	1618 Nov. bis 1619 Jan. 21	B. J. 1808, 119
38	9·928140		Hevel	Halley	1652 Dec. 20 bis 1653 Jan. 8	Halley, Tab. astr.
39	9·646131		Hev., Welper	Méchain	Jan. 29 — März 28	Mém. X, 395
40	0·010949		Hevel	Lindelöf	1664 Nov. bis 1665 März	Diss. Helsingf. 1854
41	9·027309		Hevel	Halley	März — April 20	Halley, Tab. astr.
42	7·68000			Henderson		A. N. XX, 335
43	9·842271		Hevel, Cassini	Berberich		A. N. CXVIII, 70
44	9·448072		Hevel, Flamsteed	Halley	April 29 – Mai 8	Halley, Tab. astr.
45	0·0589182	0·626970	La Hire	Leverrier		A. N. XXVI, 383
46	7·7939551	0·99998542	G. Kirch	Encke	1680 Nov. 13 bis 1681 März	Z. f. Astr. VI, 157
(19)	9·7655898	0·96792019	Flamsteed, Hevel	Rosenberger	Aug. 25 bis Sept. 19	A. N. XII, 190
47	9·7478656		Bianchini	Plummer	Juli 20 – Sept. 5	M. N. XXX, 157
48	9·98149		Bianchini	Neugebauer	Juli 1 – 17	A. N. LXXXIV, 144
49	9·52636			Hind	Aug. 17 – Sept. 15	Nat. XIV, 257

Bezeichnung	No. nach GALLE II.	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω			Länge des aufst. Knotens ☊			Neigung *i*		
50	70	1689	Novemb. 30·1654	78°	10′	39″	279°	24′	28″	63°	11′	30″
51	71	1695	Novemb. 9·71	204			216			22		
52	72	1698	Octob. 17·0214	151	11		65	53		169	5	
53	73	1699	Jan. 13·4063	109	32·7		321	41·5		109	23·4	
54	74	1701	Octob. 17·417	165	0		298	41		138	21	
55	75	1702	März 13·613	309	47	24	188	59	10	4	24	44
56	76	1706	Januar 30·2120	59	25	2	13	11	23	55	14	5
57	77	1707	Decemb. 11·9948	27	7	40	52	50	29	88	37	40
58	78	1718	Januar 14·91223	6	15	34	127	55	29	148	51	54
59	79	1723	Septemb. 27·63438	331	21	42	14	14	17	129	59	42
60	80	1729	Juni 16·15422	10	25	38	310	37	8	77	4	6
61	81	1737 I	Januar 30·3537	99	33	0	226	22	0	18	20	45
62	82	1737 II	Juni 2·2369	159	52·1		132	5·4		61	51·6	
63	83	1739	Juni 17·4229	104	46	34	207	25	14	124	17	16
64	84	1742	Februar 8·6252	328	30	10	185	9	30	112	28	20
65	85	1743 I	Januar 8·20053	6	25	6	86	54	29	1	53	43
66	86	1743 II	Septemb. 20·65340	119	2	8	6	2	14	134	22	55
67	87	1744	März 1·34628	151	26	55	45	44	53	47	7	19
68	88	1747	März 3·3056	230	16	50	147	18	50	100	53	40
69	89	1748 I	April 28·78715	17	28	21	232	51	50	94	31	37
70	90	1748 II	Juni 18·89401	245	38	41	33	8	29	67	3	28
71	91	1757	Octob. 21·33611	268	45	10	214	12	50	12	50	20
72	92	1758	Juni 11·14375	36	48	0	230	50	0	68	19	0
(19)	93 H	1759 I	März 12·55827	110	39	59	53	50	27	162	23	8
73	94	1759 II	Novemb. 27·00830	273	54	38	139	39	41	79	6	38
74	95	1759III	Decemb. 16·84757	301	21	29	79	50	4	175	7	29
75	96	1762	Mai 28·3410	115	28	55	348	33	5	85	38	13
76	97	1763	Novemb. 1·8679	88	34	54	356	24	4	72	31	52
77	98	1764	Februar 12·57750	104	49	41	120	4	33	127	6	29
78	99	1766 I	Februar 17·36806	100	55	25	244	10	50	139	9	40
79	100	1766 II	April 26·99533	177	2	0	74	11	0	8	1	45
80	101	1769	Octob. 7·62689	329	7	29	175	3	59	40	45	50
81	102	1770 I	August 13·54735	224	17	55	131	58	56	1	34	28
82	103	1770 II	Novemb. 22·24167	260	19	26	108	42	10	148	34	5
83	104	1771	April 19·14144	76	8	10	27	53	12	11	15	53

Bezeichnung	Log. der Periheldist. $log\,q$	Excentricität e	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
50	9·90909			Holetscheck	1689 Dec. bis 1690 Jan.	A. N. CXXIX, 325
51	9·9261		Delisle	Burckhardt	Oct. 28—Nov. 17	C. d. T. 1817, 278
52	9·86252		La Hire, Cassini	Hind	Sept. 2—28	Nat. XIV, 152
53	9·87426		Fontenay, Cassini	Hind	Febr. 17—März 2	Nat. XX, 482
54	9·77278		Pallu, Thomas	Burckhardt		C. d. T. 1811, 485
55	9·810790			Burckhardt	Apr. 20—Mai 5	M. C. XVI, 511
56	9·630291		Cassini, Maraldi	Struyck	März 18—Apr. 16	Struyck 1753, 53
57	9·934013		Manfredi	Struyck	1707 Nov. 25 bis 1708 Jan. 23	Struyck 1753, 54
58	0·010908		Kirch	Argelander		A. N. VII, 495
59	9·9994743			Spoerer	Oct. 11 — Dec. 18	Diss. Berol. 1843
60	0·607513		Sarabat	Hind	1729 Juli 31 bis 1730 Jan. 18	Nat. XXX, 519
61	9·347960		Bradley	Bradley	Febr. 26—Apr. 2	Ph. Trans. XL, 111
62	9·92155		Chines. Beob.	Hind		Par. Bull. 1874 Sept. 17
63	9·828388		Zanotti	La Caille	Mai 28 — Aug. 18	Leç. d'Astr.
64	9·886523		Grant, Cassini	Barker	Febr. 5—Mai 6	Accoont p. 29
65	9·9352858	0·7213085	Grischow	Clausen	Febr. 12—28	A. N. X, 345
66	9·718496		Klinkenberg	d'Arrest	Aug. 18—Sept. 13	A. N. XXXVII, 363
67	9·3467607		Klinkenberg	Plummer	1743 Dec. 9	M. N. XXXIV, 85
68	0·342128		Chéseaux	La Caille	Aug. 13—Dec. 5	Leç. d'Astr.
69	9·924486		Maraldi	Lemonnier		Struyck 1753, 95
70	9·7961280		Klinkenberg	Bessel	Mai 19—22	B. J. 1809, 99
71	9·528328		Bradley	Bradley	Sept. 13 bis Octob. 18	Ph. Trans. L. I, 408. 13
72	9·333148		de la Nux	Pingré	Mai — Nov. 2	Pingré II, 104
(19)	9·7667989	0·96768436	Palitzsch	Rosenberger	1758 Dec. 25 bis 1759 Juni 22	A. N. XII, 190
73	9·903844			Pingré	Jan. 25—März 18	Pingré II, 104
74	9·9848692		Cassini de Thury	Hind	1760 Jan. 8 bis Febr. 8	Nat. XX, 226
75	0·003912		Klinkenberg	Burckhardt	Mai 17 — Juli 5	Mém. de l'Inst. VII, 228
76	9·6974784	0·99868	Messier	Burckhardt	Sept. 30—Nov. 25	M. C. XXVI, 477
77	9·744462		Messier	Pingré	Jan. 3—Febr. 11	Mém. d. P. 1771, 513
78	9·703570		Messier	Pingré	März 8—15	Pingré II, 106
79	9·6009521		Helfenzrieder	Burckhardt	April 1—Mai 13	C. d. T. 1821, 293
80	9·0890392	0·99924901	Messier	Bessel	Aug. 8 — Dec. 1	B. J. 1810, 123; 1811, 197
81	9·8289491	0·786119	Messier	Leverrier	Juni 14—Octob. 2	C. R. XXVI, 468
82	9·722833			Pingré	1771 Jan. 9—20	Pingré II, 106
83	9·955127		Messier	Kreutz	April 1—Juli 17	A. N. CIII, 336

Be-zeich-nung	No. nach Galle II.	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω			Länge des aufst. Knotens ☊			Neigung *i*		
84	105 B	1772	Februar 16·66180	213°	2′	57″	257°	15′	38″	17°	3′	8″
85	106	1773	Septemb. 5·61330	314	5	28	121	5	30	61	14	17
86	107	1774	August 15·8366	136	43	6	180	44	34	83	20	26
87	108	1779	Januar 4·11157	62	12	22	24	57	18	32	31	7
88	109	1780 I	Septemb. 30·93280	237	5	19	123	41	18	125	36	48
89	110	1780 II	Novemb. 28·8514	254	9	0	141	1	0	107	56	30
90	111	1781 I	Juli 7·19537	156	10	47	83	0	38	81	43	26
91	112	1781 II	Novemb. 29·5297	61	19	48	77	22	55	152	47	56
92	113	1783	Novemb. 19·93685	354	36	55	55	40	30	45	6	54
93	114	1784	Januar 21·2061	336	4	57	56	49	21	128	50	48
94	115	1785 I	Januar 27·33199	205	39	41	264	12	15	70	14	12
95	116	1785 II	April 8·420486	127	10	34	64	41	5	92	37	48
96	117 E	1786 I	Januar 30·88	182	30		334	8		13	36	
97	118	1786 II	Juli 8·57397	323	14	58	195	23	32	50	58	33
98	119	1787	Mai 10·83194	99	7	26	106	51	35	131	44	9
99	120	1788 I	Novemb. 10·31582	57	48	36	156	56	43	167	32	20
100	121	1788 II	Novemb. 20·30903	30	25	28	352	24	26	64	30	24
101	122	1790 I	Januar 16·79688	114	25	17	172	50	2	150	15	53
102	123 Tu	1790 II	Januar 30·87628	207	5	26	268	36	34	54	6	26
103	124	1790 III	Mai 21·24740	119	27	35	33	11	2	116	7	33
104	125	1792 I	Jan. 13·57240	154	16	33	190	46	15	140	13	5
105	126	1792 II	Decemb. 27·26009	147	15	53	283	15	17	130	58	15
106	127	1793 I	Novemb. 4·8479	239	47		108	29		119	39	
107	128	1793 II	Novemb. 20·33405	69	58	10	1	59	34	51	30	29
(96)	129 E	1795	Decemb. 21·44748	182	1	58	334	39	22	13	42	30
108	130	1796	April 2·83128	184	18	3	17	2	16	115	5	27
109	131	1797	Juli 9·11147	279	48	29	329	15	37	129	19	26
110	132	1798 I	April 4·51482	342	58	21	122	7	22	43	48	1
111	133	1798 II	Decemb. 31·5474	215	0	56	249	30	44	137	36	35
112	134	1799 I	Septemb. 7·19743	95	47	45	99	29	59	129	4	9
113	135	1799 II	Decemb. 25·90289	136	28	59	326	49	11	102	58	22
114	136	1801	August 8·5630	219	47	2	42	28	54	159	15	0
115	137	1802	Septemb. 9·89752	21	53	25	310	15	39	57	0	47
116	138	1804	Februar 13·59463	331	56	53	176	47	58	56	28	40
(96)	139	1805	Novemb. 21·50638	182	27	14	334	20	10	13	33	30

Bezeichnung	Log. der Periheldist. *log q*	Excentricität *e*	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
84	9·99389	0·72451	Montaigne	Hubbard	März 8—April 1	A. J. VI, 114
85	0·051880		Messier	Burckhardt	1773 Oct. 12 bis 1774 April 14	M. C. X, 512
86	0·1562065		Montaigne	Burckhardt	Aug. 11—Oct. 25	C. d. T. 1821, 295
87	9·853160		Bode	Pacassi	Jan. 6—Mai 17	Euler Theor. mot. 228
88	8·9836418	0·9999460	Messier	Clüver	Oct. 26—Nov. 28	A. N. VI, 147
89	9·712041		Montaigne	Olbers	Oct. 18—Oct. 26	Allg. G. Eph. IV, 49
90	9·889784		Méchain	Méchain	Juni 28—Juli 16	M d. P. 1782, 583
91	9·982721		Méchain	Méchain	Oct. 9—Dec. 26	M. d. P. 1780, 71
92	0·1641413	0·5524560	Pigott	C. H. F. Peters	Nov. 19—Dec. 21	Astr. Not. 19
93	0·849946		de la Nux	Méchain	1783 Dec. 15 bis 1784 Mai 26	M. d. P. 1784, 363
94	0·0581975		Messier	Méchain	Jan. 7—Febr. 8	B. J. 1788, 166
95	9·6306715	0·99646076	Méchain	Krueger	März 11—Apr. 16	Act. Soc. Fenn. IX, I, 367
96	9·52482	0·84836	Méchain	Encke	Jan. 17—19	B. J. 1822, 196
97	9·595763		C. Herschel	Reggio	Aug. 1—Oct. 26	Eph. Mediol. 1789, 147
98	9·5427145		Méchain	de Saron	April 10—Mai 26	B. J. 1791, 155
99	0·0265381		Messier	Méchain	Nov. 25—Dec. 30	B. J. 1793, 118
100	9·8792757		C. Herschel	Méchain	Dec. 21—1789 Jan. 18	M. d P. 1789, 684
101	9·873516		C. Herschel	de Saron	Jan. 7—21	M. d. P. 1790, 312
102	0·0188593	0·8193300	Méchain	Tischler	Jan. 9—Febr. 1	Diss. pag. 32
103	9·9019814		C. Herschel	Méchain	Apr. 17—Juni 29	M. d. P. 1790, 336
104	0·111605		C. Herschel	Méchain	1791 Dec. 15 bis 1792 Jan. 25	C. d. T. 1793, 374
105	9·985106		Gregory	Prosperin	1793 Jan. 8 bis Febr. 19	B. J. 1799, 192
106	9·60574		Messier	de Saron	Sept. 27—1794 Jan. 7	B. J. 1798, 243
107	0·1744003	0·9719946	Perny	C. H. F. Peters	Sept. 24—Dec. 8	Astr. Not. 19
(96)	9·5243046	0·8488828	C. Herschel	Encke	Nov. 7—27	B. J. 1822, 186
108	0·198151		Olbers	Olbers	März 31—Apr. 14	B. J. 1799, 106
109	9·721489		Bonvard, C. Herschel	Olbers	Aug. 14—Aug. 31	Allg. G. Eph. I, 366
110	9·685769		Messier	Hind	Apr. 12—Mai 24	Nat. XXIX, 135
111	9·891917		Bouvard	Burckhardt	Dec. 6—12	Allg. G. Eph. III, 398
112	9·9242084		Méchain	Tallquist	Aug. 6—Oct. 25	Diss. Aboae 1825, 18
113	9·796437		Méchain	Méchain	Dec. 26—1800 Jan. 5	C. d. T. XII, 376
114	9·40894		Pons, Messier	Dobberck	Juli 12—23	A. N. LXXXI, 324
115	0·039061		Pons	Olbers	Aug. 26—Oct. 3	M. C. VI, 507
116	0·0298575		Pons	Gauss	März 7—April 1	M. C. IX, 433
(96)	9·5320168	0·84617529	Pons	Encke	Oct. 19—Nov. 19	B. J. 1822, 190

Be-zeich-nung	No. nach GALLE II	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω			Länge des aufst. Knotens ☊			Neigung *i*		
(84)	140 B	1806 I	Januar 1·92396	218°	12′	6″	251°	16′	19″	13°	36′	34″
117	141	1806 II	Decemb. 28·92943	225	19	52	322	23	16	144	57	27
118	142	1807	Septemb. 18·74537	4	7	30	266	47	11	63	10	28
119	143	1808 I	Mai 12·959	253	45	39	322	58	36	134	16	53
120	144	1808 II	Juli 12·17418	131	32	24	24	11	14	140	41	1
121	145	1810	Octob. 6·24442	114	56	13	308	50	31	62	55	39
122	146	1811 I	Septemb. 12·26278	65	23	46	140	25	15	106	57	18
123	147	1811 II	Novemb. 10·99698	314	25	35	93	1	52	31	17	11
124	148 P. Bs	1812	Septemb. 15·33210	199	19	4	253	0	44	73	57	36
125	149	1813 I	März 4·53300	350	52	16	60	48	24	158	46	27
126	150	1813 II	Mai 19·51720	205	3	23	42	40	12	98	52	32
127	151 O	1815	April 25·99943	65	33	16	83	28	47	44	29	51
[k]	152	1816	März 1·3521	304	20	37	323	14	56	43	5	26
[l]	153	1818 I	Februar 3·2245	180	17		256	1		34	11	
128	154	1818 II	Februar 25·96539	112	19	11	70	26	11	89	43	48
129	155	1818 III	Decemb. 5·03902	348	13	20	90	0	50	116	59	36
(96)	156 E	1819 I	Januar 27·95958	182	26	29	334	33	18	13	36	56
130	157	1819 II	Juni 27·72197	13	26	14	273	41	57	80	44	38
131	158 W	1819 III	Juli 18·90670	161	30	5	113	10	46	10	42	48
132	159	1819 IV	Novemb. 20·25203	350	4	51	77	13	57	9	1	16
133	160	1821	März 21·54305	169	11	31	48	40	56	106	26	53
134	161	1822 I	Mai 5·61250	344	43	5	177	26	56	126	22	36
(96)	162 E	1822 II	Mai 23·969940	182	47	10	334	25	9	13	20	21
135	163	1822 III	Juli 15·85069	237	44	54	97	44	18	143	42	30
136	164	1822 IV	Octob. 23·772734	181	4	38	92	44	23	127	20	48
137	165	1823	Decemb. 9·45058	28	28	31	303	3	0	103	48	3
138	166	1824 I	Juli 11·51423	334	2	37	234	20	41	125	23	15
139	167	1824 II	Septemb. 29·07294	85	15	22	279	16	44	54	35	32
140	168	1825 I	Mai 30·55278	106	11	7	20	6	8	123	18	54
141	169	1825 II	August 18·71754	177	18	15	192	56	10	89	41	47
(96)	170 E	1825 III	Septemb. 16·28190	182	47	36	334	27	30	13	21	28
142	171	1825 IV	Decemb. 10·69134	256	56	43	215	43	22	146	27	7
(84)	172 B	1826 I	März 18·45311	281	21	28	251	27	19	13	33	54
143	173	1826 II	April 21·92451	279	22	54	197	36	34	40	0	26
144	174	1826 III	April 29·04553	4	41	0	40	29	13	174	42	58

Bezeichnung	Log. der Periheldist. *log q*	Excentricität *e*	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
(84)	9·9576440	0·7457068	Pons	Hubbard	1805 Nov. 9 bis Dec. 9	Astr. J. VI, 117
117	0·0341884	1·0101820	Pons	Hensel	Nov. 10—1807 Febr. 12	A. N. LVIII, 92
118	9·8103158	0·99548781		Bessel	Sept. 9—1808 März 27	B. A. J. 1813, 188
119	9·59091		Pons	Encke	März 25—29	A. N. V, 7
120	9·783870		Pons	Bessel	Juni 24—Juli 3	M. C. XVIII, 359
121	9·986603		Pons	Thraen	Aug. 22—Sept. 21	A. N. XCIX, 348
122	0·0151133	0·9951240	Flaugergues	N. Herz	März 25—1812 Jan. 11	Kuff. St. II, 241
123	0·1992359	0·98271088	Pons	Nicolai	Nov. 16—1812 Febr. 16	M. C. XXVII, 215
124	9·8904903	0·9550842	Pons	Schulhof, Bossert	Juli 20—Sept. 27	A. N. CIII, 291
125	9·8445579		Pons	Nicollet	Febr. 4—März 11	C. d. T. 1820, 419
126	0·0846799		Pons	Ferrer	April 2—Mai 17	M. R. A. S. III, 8
127	0·0837998	0·93114958	Olbers	Ginzel	März 6—Aug. 25	V. J. S. XVII, 111
[k]	8·68577		Pons	Burckhardt	Jan. 22—Febr. 1	Olb. Bessel Briefe II, 32, 434
[l]	9·84255		Pons	Hind	Febr. 23—27	M. N. XXXIII, 50
128	0·0783711		Pons	Encke	1817 Dec. 26 bis 1808 Mai 1	Z. f. Astr. V, 254
129	9·9319574	1·011617	Pons	Rosenberger, Scherk	Nov. 29—1819 Jan. 30	B. A. J. 1824, 145
(96)	9·5252819	0·8486190	Pons	v. Asten	1818 Nov. 26 bis 1819 Jan. 12	M. d. Petersb. 1877
130	9·5332327		Tralles	Hind	Juli 1 bis Octob.	M. N. XXXVI, 309
131	9·8885382	0·75519035	Pons	Encke	Juni 12—19	Corr. Astr. III, 293
132	9·9506368	0·6867458	Blanpain	Encke	Nov. 27 bis 1820 Jan. 24	B. A. J. 1824, 220
133	8·9629523		Nicollet, Pons	Rosenberger	Jan. 21—Mai 3	A. N. I, 425
134	9·7027863		Gambart	Nicollet	Mai 12—End. Juni	C. d. T. 1826, 278
(96)	9·5389209	0·8445061	Dunlop	v. Asten	Juni 2—23	M. d. Petersb. 1877
135	9·92797		Pons	Hind	Mai 30—Juni 24	Nat XXII, 205
136	0·0588426	0·9963021	Pons	Stichtenoth	Juli 13—Nov. 11	Abh. Leipzig 1897
137	9·3550726			Encke	Dec. 30—1824 März 31	A. N. III, 113
138	9·771850		Rümker	Doberck	Juli 15—Aug. 11	M. N. XXXIV, 426
139	0·0211211		Scheithauer	Encke	Juli 23—Dec. 25	A. N. IV, 123
140	9·9489616		Gambart	Clausen	Mai 18—Juli 15	B. A. J. 1828, 152
141	9·9461924		Pons	Clausen	Aug. 9—26	A. N. IV, 327
(96)	9·5375192	0·8449296	Valz	v. Asten	Juli 13—Sept. 7	M. d. Petersb. 1877
142	0·0937180	0·9954285	Pons	Hubbard	Juli 15—1826 Juli 8	B. A. J. VI, 37
(84)	9·9554083	0·7466012	Biela	Hubbard	Febr. 27—Mai 9	B. A. J. VI, 124
143	0·3027426		Pons	Nicolai	1825 Nov. 7 bis 1826 April 11	A. N. IV, 531
144	9·2744275		Flaugergues	Clüver	März 29—April 6	A. N. XII, 281

Be-zeich-nung	No. nach Galle II	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω			Länge des aufst. Knotens ☊			Neigung i		
145	175	1826 IV	Octob. 8·95873	13°	41′	56″	44°	6′	28″	25°	57′	18″
146	176	1826 V	Novemb. 18·41477	279	36	32	235	6	11	90	37	51
147	177	1827 I	Februar 4·92808	150	57	33	184	27	49	102	24	25
148	178	1827 II	Juni 7·84766	20	38	46	318	10	28	136	21	15
149	179	1827 III	Septemb. 11·69936	258	41	59	149	39	11	125	55	18
(96)	180 E	1829	Januar 9·74981	182	48	56	334	29	32	13	20	38
150	181	1830 I	April 9·30158	5	49	47	206	21	33	21	16	32
151	182	1830 II	Decemb. 27·6669	26	53	48	337	53	7	135	14	30
(96)	183 E	1832 I	Mai 3·99229	182	49	26	334	32	10	13	22	12
152	184	1832 II	Septemb. 25·58003	204	36	10	72	27	30	136	40	7
(84)	185 B	1832 III	Novemb. 26·12337	221	45	7	248	15	18	13	13	31
153	186	1833	Septemb. 10·40198	260	53	6	323	28	17	7	18	17
154	187	1834	April 2·79907	50	9	18	226	33	12	5	59	20
155	188	1835 I	März 27·211663	210	26	22	58	20	32	170	52	32
(96)	189 E	1835 II	August 26·36831	182	49	4	334	35	0	13	21	19
(19)	190 H	1835 III	Novemb. 15·94539	110	38	27	55	9	59	162	14	55
(96)	191 E	1838	Decemb. 19·01616	182	50	57	334	36	42	13	21	32
156	192	1840 I	Januar 4·47816	72	14	19	119	57	38	53	5	33
157	193	1840 II	März 13·08212	156	35	58	236	50	10	120	47	1
158	194	1840 III	April 2·44431	138	2	55	186	2	12	79	52	18
159	195	1840 IV	Novemb. 13·67060	133	36	1	248	55	48	57	58	6
(96)	196 E	1842 I	April 12·02583	182	50	50	334	39	11	13	20	30
160	197	1842 II	Decemb. 15·96305	240	32	19	207	48	45	106	25	57
161	198	1843 I	Februar 27·41702	82	34	38	1	14	55	144	19	21
162	199	1843 II	Mai 6·06242	124	14	49	157	14	54	52	44	46
163	200 F	1843 III	Octob. 17·13671	200	3	56	209	29	26	11	22	32
164	201 d. V.	1844 I	Septemb. 2·48438	248	41	10	63	49	38	2	54	46
165	202	1844 II	Octob. 27·35041	211	15	3	31	39	6	131	23	59
166	203	1844 III	Decemb. 13·68127	177	42	56	118	19	22	45	38	47
167	204	1845 I	Januar 8·16784	114	35	30	336	44	26	46	51	1
168	205	1845 II	April 21·03748	205	26	33	347	6	45	56	23	36
169	206	1845 III	Juni 5·67992	75	46	0	337	48	56	131	18	1
(96)	207 E	1845 IV	August 9·60750	183	25	18	334	19	37	13	7	39
170	208	1846 I	Januar 22·16659	338	0	22	115	5	38	47	28	6
(84)	209 B	1846 II a	Februar 10·99966	223	8	38	245	54	15	12	34	53

Bezeichnung	Log. der Periheldist. *log q*	Excentricität *e*	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
145	9·930852		Pons	Argelander	Aug. 7—Dec. 11	A. N. V, 358
146	8·4295811		Pons	Gambart	Octob. 22 — 1827 Jan. 5	M. R. A. S. III, 86
147	9·70460		Pons	v. Heiligenstein	1826 Dec. 26 bis Ende Jan. 1827	A. N V, 435
148	9·907494		Pons	v. Heiligenst.	Juni 20—Juli 21	A. N. VI, 305
149	9·1393857	0·99927305	Pons	Clüver	Aug. 2—Oct. 16	A. N. VII, 62
(96)	9·5383865	0·8446656		v. Asten	1828 Sept. 16 bis Dec. 27	M. d. Petersb. XXVI
150	9·9644594			Schulze	März 17—Aug. 17	A. N. LXXXII, 101
151	9·0999822		Herapath	Wolfers	1831 Jan. 7 bis März 8	A. N. X, 68
(96)	9·5357772	0·8454533	Moscotti	v. Asten	Juni 1—Aug. 21	M. d. Petersb. XXVI
152	0·0729866		Gambart	Schulze	Juli 19—Aug. 27	A. N. LXXXII, 110
(84)	9·9440315	0·7514480		Baranowski	Oct. — 1833 Jan. 3	A. N. XIV, 177
153	9·666836		Dunlop	Hartwig	Octob. 1—16	A. N. XLVII, 37
154	9·710207		Gambart	Schulhof	März 7—April 14	B. A. VI, 115
155	0·3096627		v. Boguslawski	Rechenberg	April 20—Mai 27	A. N. CILIII, 13
(96)	9·5369938	0·8450754	Kreil	v. Asten	Juli 22—Aug. 6	M. d. Petersb. XXVI
(19)	9·7683194	0·96739091	Dumouchel	Westphalen	Aug. 5 — 1836 Mai 19	A. N. XXV, 189
(96)	9·5364926	0·8452181		v. Asten	Sept. 16—Dec. 16	M. d. Petersb. XXVI
156	9·7912921	0·9999128	Galle	Rechenberg	1839 Dec. 2 bis 1840 Febr. 9	A. N. CXXXI, 258
157	0·0866406	0·9949769	Galle	Kowalczyk	Jan. 25—April 1	A. N. LXXXVII, 231
158	9·8741944		Galle	Kowalczyk	März 6—27	A. N. LXXXI, 133
159	0·1705856	0·9711151	Bremiker	Schulz-Steinheil	Oct. 26—1841 Febr. 16	Schw. Akad XXIII, 14
(96)	9·5377181	0·8448313		v. Asten	Febr. 8—Mai 22	M. d. Petersb. XXVI
160	9·7027671		Laugier	Schwarzschild	Oct. 28—Nov. 27	A. N. CXXXVII, 177
161	7·7433765	0·99991572	Ray	Hubbard	Febr. 27—Apr. 19	A. J. II, 155
162	0·2085315	1·0001798	Mauvais	Goetze	Mai 3—Oct. 1	A. N. XXIII, 71
163	0·2284599	0·5558297	Faye	A. Möller	Nov. 22—1844 April 10	A. N. LXXIX, 121
164	0·0742006	0·6173720	de Vico	Brünnow	Aug. 22—Dec. 31	Astr. Not. 1859, 3. 4
165	9·9321644	0·9996083	Mauvais	Plantamour	Juli 7—1845 März 10	M d. GénèveXI, 574
166	9·4009126	1·00035303		Bond	Dec. 16—1845 März 12	A. J. I, 103
167	9·9567491	1·0002467	d'Arrest	Doberck	1844 Dec. 28 bis 1845 März 30	M. N. XXXV, 104
168	0·0985330		de Vico	Faye	Febr. 25 — Mai 1	C. R. XX, 1115
169	9·603815	0·9898744	Colla	d'Arrest	Juni 2—27	A. N. XXIII, 352
(96)	9·5289969	0·8474717		v. Asten	Juli 4—14	M d. Petersb. XXVI
170	0·1709043		de Vico	Jelinek	Jan. 24—Mai 1	C. R. XXVI, 281
(84)	9·9326998	0·7566625		Hubbard	1845 Nov. 26 bis April 27	A. J. VI, 131

Bezeichnung	No. nach Galle II	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω			Länge des aufst. Knotens ☊			Neigung *i*		
(84)	209 B	1846 II[b]	Februar 11·08264	223°	8′	37″	245°	54′	17″	12°	34′	55″
171	210 Br.	1846 III	Februar 25·375	13	46	36	102	41	41	30	55	17
172	211	1846 IV	März 5·55237	12	53	27	77	33	16	85	6	27
173	212	1846 V	Mai 27·90234	78	44	48	161	18	40	122	23	48
174	213	1846 VI	Juni 1·14095	339	37	44	260	23	53	30	40	10
175	214	1846 VII	Juni 5·48571	99	47	10	261	52	51	150	41	13
176	215	1846 VIII	Octob. 29·78372	93	58	16	4	41	24	49	42	0
177	216	1847 I	März 30·29086	254	20	38	21	41	46	48	38	46
178	217	1847 II	Juni 4·69903	32	20	34	173	57	7	100	26	11
179	218	1847 III	August 9·34434	91	31	46	338	16	57	96	33	45
180	219	1847 IV	August 9·35158	55	26	6	76	42	58	147	21	10
181	220	1847 V	Septemb. 9·52209	129	18	5	309	50	23	19	9	0
182	221	1847 VI	Novemb. 14·40637	276	36	56	190	49	56	108	9	6
183	222	1848 I	Septemb 8·05177	260	57	36	211	31	43	95	36	34
(96)	223	1848 II	Novemb. 26·08795	183	25	30	334	22	18	13	8	41
184	224	1849 I	Januar 19·35431	208	1	22	215	12	54	85	2	54
185	225	1849 II	Mai 26·49906	33	10	17	202	32	45	67	9	55
186	226	1849 III	Juni 8·21014	236	34	8	30	32	0	66	55	19
187	227	1850 I	Juli 23·53445	180	31	37	92	53	28	68	11	24
188	228	1850 II	Octob. 19·34564	243	13	14	206	0	5	40	5	3
(163)	229 F	1851 I	April 1·94318	200	11	2	209	31	5	11	21	38
189	230 d'A.	1851 II	Juli 8·68045	174	31	0	148	23	18	13	55	12
190	231	1851 III	August 26·24113	87	18	16	223	40	33	38	9	2
191	232	1851 IV	Septemb. 30·80309	294	25	0	44	21	31	73	58	37
(96)	233	1852 I	März 14·71443	183	27	23	334	23	42	13	7	50
192	234	1852 II	April 19·59380	37	13	17	317	12	52	131	6	31
(84)	235	1852 III[a]	Septemb. 23·73388	223	16	51	245	51	26	12	33	16
(84)	235	1853 III[b]	Septemb. 23·06316	223	16	48	245	51	28	12	33	19
193	236	1852 IV	Octob. 12·75724	57	3	42	346	10	0	40	55	0
194	237	1853 I	Februar 24·01115	275	50	44	69	34	4	159	44	52
195	238	1853 II	Mai 9·83277	199	13	0	40	57	37	122	10	57
196	239	1853 III	Septemb. 1·71319	170	25	47	140	31	12	61	31	0
197	240	1853 IV	Octob. 16·61186	277	50	59	220	5	52	119	0	16
198	241	1854 I	Januar 3·94163	170	56	13	227	2	48	113	53	13
199	242	1854 II	März 24·01972	101	38	15	315	27	32	97	28	18

Bezeichnung	Log. der Periheldist. *log q*	Excentricität *e*	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
(84)	9·9327097	0·7566060		Hubbard	1845 Nov. 28 bis 1846 März 21	A. J. VI, 131
171	9·813000	0·793068	Brorsen	Bruhns	Febr. 26—Apr. 22	A. N. LXXI, 39
172	9·8220359	0·96291017	de Vico	v. Hepperger	Febr. 20—Mai 19	A. N. CXVII, 245
173	0·1386159		de Vico	Vogel	Juli 29—Oct. 18	A. N. LXXI, 102
174	0·184487	0·7286044	C. H. F. Peters	Berberich	Juni 26—Juli 21	A. N. CXVII, 251
175	9·8018857	0·9899389	Brorsen	Oudemans	April 30—Juni 15	A. N. XXIV, 298
176	9·919428		de Vico	S. Oppenheim	Sept. 23—Ende Oct.	A. N. CXXV, 31
177	8·6293410	0·99990955	Hind	Hornstein	Febr. 6—April 24	A. N. LXXVII, 303
178	0·3253494		Colla	Engström	Mai 7—Dec. 30	V. J. S. XVII, 296
179	0·2470052	0·9985879	Mauvais	E. Gautier	Juli 4—1848 April 21	A. N. XXXVI, 80
180	0·1716750		Schweizer	Schur	Aug. 30—Nov. 28	A. N. LXXXVIII, 218
181	9·6886618	0·9739298	Brorsen	Gould	Juli 20—Sept. 12	A. J. I, 145
182	9·5172278	1·0001727	Miss Mitchell	Palmer	Oct. 1—Dec. 19	Trans. Yale Obs. I, 4
183	9·5050777		Petersen	Bischof	Aug. 7—25	A. N. CXVII, 248
(96)	9·5275748	0·8478652	Bond	v. Asten	Aug. 27—Nov. 25	M. d. Petersb. XXVI, 2
184	9·9821497		Petersen	Petersen, Sonntag	1848 Oct. 26—49 Jan. 26	A. N. XXIX, 320
185	0·0642320	1·0007079	Goujon	Weyer	Apr. 15—Sept. 22	A. N. XXXV, 212
186	9·951525	0·997830	Schweizer	d'Arrest	April 11—Aug. 26	A. N. XXX, 116
187	0·0340060	0·9988519	Petersen	Carrington	Mai 1—Oct. 16	A. N. XXXVII, 46
188	9·7525112		Bond	Quirling, Götze	Aug. 29—Nov. 13	A. N. XLI, 241
(163)	0·2304179	0·5548945	Challis	A. Möller	1850 Nov. 28 bis 1851 März 4	V. J. S. VII, 96
189	0·0694120	0·6592823	d'Arrest	Leveau	Juni 27—Oct. 6	Ann. d. Par. XIV, 21
190	9·9931272	0·9968576	Brorsen	Brorsen	Aug 1—Sept. 30	A. N. XXXIII, 242
191	9·1520995		Brorsen	Andries	Oct. 22—Nov. 21	A. N. LXXXI, 57
(96)	9·5283414	0·8476025	Vogel	v. Asten	Jan. 9—März 10	M. d. Petersb. XXVI, 2
192	9·9568433		Chacornac	v. Asten	Mai 15—Juni 14	A. N. XXXI, 43
(84)	9·9348021	0·7559217	Secchi	Hubbard	Aug 25—Sept. 28	A. J. VI, 140
(84)	9·9348106	0·7558660	Secchi	Hubbard	Sept 15—Sept. 28	A. J. VI, 140
193	0·0968964	0·91903397	Westphal	Westphal	Juli 24—1853 Febr. 9	A. N. L, 49
194	0·0382717		Secchi	Hornstein	März 6—April 11	A. N. XXXVIII, 160
195	9·9584172	0·9892973	Schweizer	G. Rümker	April 4—Juni 11	A. N. XLV, 284
196	9·4869140	1·00026085	Klinkerfues	Krahl	Juni 10—1854 Jan. 9	A. N. LXX, 24
197	9·2372363	1·0012289	Bruhns	d'Arrest	Sept. 11—Dec. 11	A. N. XXXVIII, 190
198	0·310618		Arsdale	Rzepecki	1853 Nov. 25 bis 1854 März 1	A. N. XLVII, 178
199	9·4425800		de Menciaux	H. Oppenheim	März 23—Apr. 28	Diss. Königsb. 1870

Be- zeich- nung	No. nach Galle II	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω			Länge des aufst. Knotens ☊			Neigung i		
200	243	1854 III	Juni 22·00356	74°	34′	20″	347°	39′	43″	108°	41′	1″
201	244	1854 IV	Octob. 27·581706	129	55	39	324	27	12	40	53	44
202	245	1854 V	Decemb. 15·72473	287	1	41	238	7	35	14	9	15
203	246	1855 I	Februar 5·05384	323	5	59	189	43	33	128	35	41
204	247	1855 II	Mai 30·15396	22	36	28	260	18	53	156	53	10
(96)	248 E	1855 III	Juli 1·04121	183	26	56	334	26	16	13	8	5
205	249	1855 IV	Novemb. 25·39914	325	31	41	51	33	38	169	48	49
206	250	1857 I	März 21·37557	121	34	42	313	9	19	87	56	1
(171)	251 Br.	1857 II	März 29·2522	13	59	48	101	46	27	29	48	16
207	252	1857 III	Juli 17·98076	134	3	17	23	41	31	121	1	1
208	253	1857 IV	August 24·00300	180	57	35	200	49	16	32	46	24
209	254	1857 V	Septemb. 30·88641	124	50	10	14	57	48	123	56	39
210	255	1857 VI	Novemb. 19·07778	95	5	26	139	18	42	142	11	5
(189)	256 d'A	1857 VII	Novemb. 28·19438	174	35	58	148	27	16	13	56	6
(102)	257 Tu	1858 I	Februar 23·52586	206	48	9	269	3	3	54	24	21
(131)	258 W	1858 II	Mai 2·04566	162	6	31	113	32	33	10	48	11
211	259	1858 III	Mai 2·97368	25	42	19	175	4	8	19	30	2
212	260	1858 IV	Juni 5·30209	98	52	3	324	58	8	99	57	18
(163)	261 F	1858 V	Septemb. 12·87919	200	10	24	209	39	48	11	22	11
213	262	1858 VI	Septemb. 29·97097	129	6	41	165	19	13	116	58	11
214	263	1858 VII	Octob. 12·83988	155	34	2	159	46	27	158	42	55
(96)	264 E	1858 VIII	Octob. 18·37209	183	29	0	334	28	1	13	4	17
215	265	1859	Mai 29·23263	282	0	13	357	20	44	95	28	16
216	266	1860 Ia	Februar 16·63141	209	46	8	324	3	40	79	39	57
216	266	1860 Ib	Februar 16·67621	209	41	50	324	3	19	79	36	12
217	267	1860 II	März 5·57201	41	12	38	8	52	32	48	13	6
218	268	1860 III	Juni 16·06750	76	51	56	84	40	32	79	19	25
219	269	1860 IV	Septemb. 22·3184	311	57·0		44	51·2		32	11·9	
220	270	1861 I	Juni 3·39641	213	26	19	29	55	42	79	45	31
221	271	1861 II	Juni 11·51323	330	6	5	278	58	53	85	26	15
222	272	1861 III	Decemb. 7·18092	331	35	4	145	6	2	138	1	4
(96)	273 E	1862 I	Februar 6·25426	183	30	9	334	30	58	13	4	57
223	274	1862 II	Juni 22·03609	27	13	33	326	34	8	172	5	35
224	275	1862 III	August 22·91537	152	45	29	137	27	14	113	34	9
225	276	1862 IV	Decemb. 28·18060	230	34	31	355	46	2	137	31	23

Bezeichnung	Log. der Periheldist. *log q*	Excentricität *e*	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
200	9·811650		Klinkerfues	Winnecke, Pape	Juni 4—Juli 30	A. N. XLII, 119
201	9·9023089	0·9924546	Klinkerfues	Buschbaum, Steiner	Sept. 11—Dec. 2	A. N. CILIX, 321
202	0·1327326	0·9863728	Winnecke	Elkin	1855 Jan. 14 bis April 22	A. N. XCIV, 78
203	0·3411427	0·965185	Schweizer	Tiele	April 11—Juni 5	A. N. LII, 38
204	9·753396		Donati	Schulze	Juni 3—Juni 30	A. N. XLII, 200
(96)	9·5279347	0·8477306	Maclear	v. Asten	Juli 12—Aug. 16	M. d. Petersb. XXVI, 2
205	0·0902561		Bruhns	Schulze	Nov. 12—1856 Jan. 3	A. N. XLIV, 85
206	9·8878947		d'Arrest	Loewy	Febr. 22—Mai 2	Wien. Ak. S. B. XXXV, 409
(171)	9·7927509	0·8017572	Bruhns	Bruhns	März 18—Juni 22	A. N. LXXI, 40
207	9·5652983		Klinkerfues	König	Juni 22—Juli 19	A N. CXXVIII, 391
208	9·873228	0·9803714	C.H.F. Peters	Möller	Juli 25—Oct. 21	A. N. XLIX, 363
209	9·750428	0·9969135	Klinkerfues	Linsser	Aug. 20—Oct. 3	A. N. LII, 105
210	0·003889	0·9969918	Donati	Auwers	Nov. 10—Dec. 19	A. N. L, 119
(189)	0·0681871	0·6598645	Villarceau	Schulze	Dec. 5—1858 Jan. 18	A. N. LXV, 168
(102)	0·0109566	0·8212094	Tuttle	Rahts	Jan. 4—März 23	A. N. CXIII, 194
(131)	9·8858985	0·7548575	Winnecke	v. Haerdtl	März 8—Juni 22	Wien. Ak. LVI, 162
211	0·060401	0·673676	Tuttle	Schulhof	Mai 2—Juni 1	B. A. I, 175
212	9·7358072		Bruhns	Auwers	Mai 21—Juli 15	A. N. LI, 124
(163)	0·2289334	0·5557886	Bruhns	Möller	Sept. 7—Oct. 16	V. J. S. VII, 96
213	9·7622804	0·9962933	Donati	Hill	Juni 2—1859 März 4	A. N. LXIV, 185
214	0·154330	0·99568	Tuttle	Weiss	Sept. 5—Nov. 10	Wunder d. H. p. 1234
(96)	9·5324191	0·8463942	Foerster	v. Asten	Aug. 7—Oct. 7	M. d. Petersb. XXVI, 2
215	9·303265		Tempel	Hertzsprung	April 2—Juni 30	A. N. LIII, 152
216	0·078774		Liais	Pechüle	Febr. 26—Mrz. 13	A. N. LXXII, 236
216	0·078520		Liais	Pechüle	Febr. 26—Mrz. 13	A. N. LXXII, 237
217	0·116164		Rümker	Gyldén	April 17—Juni 11	B.d.Petersb. VI, 363
218	9·4666978			Auwers	Juni 18—Oct. 18	Berl. Ak. 1867
219	9·83420		Tempel	Kowalczyk	Oct. 23—Nov. 25	A. N. LXXV, 165
220	9·9641181	0·98346314	Thatcher	v. Oppolzer	April 4—Sept. 6	A. N. LXII, 187
221	9·9150745	0·9850773	Tebbutt	Kreutz	Mai 13—1862 Mai 1	Diss. Bonn 1880, 146
222	9·9237761		Tuttle	Norther	Dec. 28—1862 Febr. 2	A. N. LXIX, 106
(96)	9·5314223	0·8467033	Foerster	v. Asten	1861 Oct. 4 bis 1862 März 12	M. d. Petersb. XXVI, 106
223	9·991814		Schmidt	Cerulli	Juli 2—Juli 30	A. N. CXVIII, 203
224	9·9834626	0·9603525	Tuttle	Hayn	Juli 18—Oct. 27	A. N. CXXIII, 112
225	9·904844		Respighi	Krahl	Nov. 27—1863 Febr. 20	A. N. LXV, 61

Bezeichnung	No. nach GALLE II	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω			Länge des aufst. Knotens ☊			Neigung *i*		
226	277	1863 I	Februar 3·49765	74°	27′	12″	116°	55′	33″	85°	21′	56″
227	278	1863 II	April 4·91081	4	0	0	251	15	35	112	37	47
228	279	1863 III	April 20·87116	55	36	36	250	10	5	85	30	1
229	280	1863 IV	Novemb. 9·48589	357	12	50	97	28	36	78	4	48
230	281	1863 V	Decemb. 27·76915	115	41	2	304	43	23	64	28	44
231	282	1863 VI	Decemb. 29·17306	78	5	55	105	1	24	83	19	17
232	283	1864 I	Juli 27·81825	346	5	44	174	58	56	135	0	0
233	284	1864 II	August 15·58310	151	2	50	95	14	32	178	7	50
234	285	1864 III	Octob. 11·41150	232	27	26	31	45	24	109	41	58
235	286	1864 IV	Decemb. 22·45755	118	27	50	203	13	11	48	52	39
236	287	1864 V	Decemb. 27·72616	178	30	46	340	54	22	162	52	37
237	288	1865 I	Januar 14·33180	111	44	6	252	56	27	92	29	52
(96)	289 E	1865 II	Mai 27·93101	183	31	10	334	32	39	13	3	51
238	290	1866 I	Januar 11·14037	170	57	58	231	26	3	162	41	55
(163)	291	1866 II	Februar 13·97996	200	14	19	209	41	55	11	22	9
239	292	1867 I	Januar 20·21367	357	31	15	78	27	35	18	12	34
240	293 T_1	1867 II	Mai 23·93097	135	0	36	101	9	6	6	24	39
241	294	1867 III	Novemb. 6·96729	148	37	27	64	58	57	96	34	5
(171)	295 Br	1868 I	April 17·42866	14	48	6	101	14	3	29	22	26
242	296	1868 II	Juni 26·48275	126	37	24	52	15	22	131	32	57
(96),	297 E	1868 III	Septemb. 14·62045	183	39	45	334	31	34	13	6	41
(131)	298 W	1869 I	Juni 29·94976	162	22	9	113	33	9	10	48	20
243	299	1869 II	Octob. 9·86014	188	12	38	311	30	7	111	40	7
244	300 T_2-S	1869 III	Novemb. 18·81503	106	12	40	296	46	2	5	23	55
245	301	1870 I	Juli 14·08868	198	13	2	141	44	47	121	47	52
246	302	1870 II	Septemb. 2·2011072	354	56	57	12	56	19	99	21	4
(189)	303 d'A	1870 III	Septemb. 22·68595	172	16	10	146	25	24	15	39	30
247	304	1870 IV	Decemb. 19·88258	90	35	47	94	44	43	147	16	25
248	305	1871 I	Juni 10·60635	222	31	23	279	18	36	87	35	56
249	306	1871 II	Juli 27·04094	96	19	58	211	54	14	101	59	29
(102)	307 Tu	1871 III	Decemb. 1·80221	206	47	41	269	17	11	54	16	50
250	308	1871 IV	Decemb. 20·38754	242	53	17	147	6	12	98	19	32
(96)	309 E	1871 V	Decemb. 28·81359	183	38	49	334	34	25	13	7	24
240)	310 T_1	1873 I	Mai 9·80024	159	19	5	78	43	48	9	45	59
(251	311 T_2	1873 II	Juni 25·21431	185	9	10	120	56	39	12	45	24

Be-zeich-nung	Log. der Periheldist. *log q*	Excentrici-tät *e*	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
226	9·9002349	0·9999470	Bruhns	Engelmann	1862 Nov. 30 bis 1863 März 12	A. N. LX, 151
227	0·0286067		Klinkerfues	Frischauf	April 11—Nov 15	A. N. LXII, 343
228	9·7984991	0·9990756	Respighi	Ericsson	April 12—Juni 1	A. N. CXVIII, 358
229	9·8191662	0·998985	Tempel	Svedstrup	Nov. 4—1864 Fbr. 9	A. N. CXVII, 242
230	9·8873314		Respighi	Valentiner	Dec. 28—1864 März 1	Diss. Berlin 1869
231	0·1183045	1·0006499	Baeker	Rosén	Oct. 9—1864 April 13	A. N. LXVIII, 159
232	0·7966480		Donati	Kowalczyk	Sept. 9—Oct. 10	A. N. LXXIII, 84
233	9·9587029		Tempel	Kowalczyk	Juli 4—Sept. 22	A. N. LXXV, 164
234	9·9690425		Donati	v. Asten	Juli 23—Dec. 23	A. N. LXVI, 123
235	9·8869027		Baeker	Kowalczyk	Dec. 15—1865 Febr. 25	A. N. LXXIII, 90
236	0·0471352		Bruhns	Valentiner	Dec. 30—1865 Jan. 29	A. N. LXVIII, 119
237	8·4123528		Abbott	Koerber	Jan. 17—Mai 2	Diss. Breslau 1887
(96)	9·5326964	0·8463048	Bruhns	v. Asten	Febr. 13—Juli 23	M. d. Petersb. XXVI, 106
238	9·9896813	0·9054198	Tempel	v. Oppolzer	1865 Dec. 19 bis 1866 Febr. 9	A. N. LXVIII, 249
(163)	0·2258618	0·5575456	Thiele	Moller	1865 Aug. 22 bis 1866 Jan. 12	V. J. S. VII, 97
239	0·1978953	0·8653524	Stephan	L. Becker	Jan. 22—April 3	M. N. LI, 489
240	0·194111	0·509712	Tempel	R. Gautier	April 3—Aug. 21	M. d. Génève XXIX, 12
241	9·5189867		Baeker	Broch	Sept. 26—Oct. 31	A. N. CXXI, 356
(171)	9·7759989	0·8079728	Tempel	Schulze	März 22—Juni 23	A. N. XCIII, 183
242	9·7623606		Winnecke	Karlinski	Juni 13—Juli 17	Annuaire 1885, 214
(96)	9·5232576	0·8491280	Winnecke	v. Asten	Juli 17—Sept. 3	M. d. Petersb. XXVI, 106
(131)	9·8929388	0·7519281	Winnecke	v. Haerdtl	April 9—Oct. 12	Wien. Ak. LVI, 162
243	0·090174		Tempel	Kowalczyk	Oct. 11—Nov. 12	A. N. LXXXI, 143
244	0·0265909	0·6580921	Tempel	Bossert	Nov. 27—Dec. 31	B. A. III, 72
245	0·0037585		Tempel	Seydler	Mai 29—Juli 9	Wien. Ak. S. LXIV
246	0·2592768		Coggia	Schobloch	Aug. 28—Dec. 23	A. N. CIII, 402
(189)	0·1072090	0·6350207	Winnecke	Leveau	Aug. 31—Dec. 20	A. N. CV, 21
247	9·590242		Winnecke	Schulhof	Nov. 23—Nov. 30	A. N. LXXXV, 323
248	9·815777	0·997814	Winnecke	Holetschek	April 7—Aug. 5	A. N. LXXXIV, 330
249	0·0347741		Tempel	N. Cramer	Juni 14—Sept. 20	Diss. Leiden 1875
(102)	0·0128807	0·8211096	Borelly	Rahts	Oct. 12—1872 Jan. 30	A. N. CXIII, 194
250	9·8396727	0·9964266	Tempel	Lindhagen	Nov. 3—1872 Febr. 20	A. N. CXI, 112
(96)	9·5224697	0·8493318	Stephan	Backlund	Sept. 18—Dec. 10	M. d. Petersb. XXXIV, 8
(240)	0·2482605	0·4626205	Stephan	R. Gautier	April 3—Aug. 1	M. d. Génève XXIX, 12
251	0·128440	0·552601		Schulhof	Juli 3—Oct. 20	Annuaire 1884, 229

Bezeichnung	No. nach GALLE II	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω			Länge des aufst. Knotens ☊			Neigung *i*		
(163)	312 F	1873 III	Juli 18·49315	200°	23'	56"	209°	38'	57"	11°	21'	50"
252	313	1873 IV	Septemb. 10·79020	193	47	12	230	35	24	95	58	31
253	314	1873 V	Octob. 1·76950	233	45	4	176	43	14	121	28	59
(171)	315 Br	1873 VI	Octob. 10·48509	14	49	37	101	12	31	29	24	30
254	316	1873 VII	Decemb. 1·39643	195	38	50	250	27	2	29	54	54
255	317	1874 I	März 9·94113	269	29	54	30	18	2	58	52	48
256	318	1874 II	März 13·94210	331	44	44	274	6	54	148	24	31
257	319	1874 III	Juli 8·86482	152	21	56	118	44	29	66	21	12
258	320	1874 IV	Juli 17·70598	149	36	12	215	51	5	34	8	20
259	321	1874 V	August 26·85007	92	38	11	251	30	8	41	49	48
260	322	1874 VI	Octob. 18·94934	16	17	3	281	57	34	99	12	55
(131)	323 W	1875 I	März 12·10695	165	8	15	111	33	39	11	17	6
(96)	324 E	1875 II	April 12·99118	183	40	13	334	37	0	13	7	20
261	325	1877 I	Januar 19·18514	347	10	10	187	15	2	152	54	38
262	326	1877 II	April 17·66268	63	7	54	316	27	20	121	8	31
263	327	1877 III	April 26·81233	116	46	28	346	4	49	77	10	32
(189)	328 d'A	1877 IV	Mai 10·48640	173	0	30	146	9	16	15	43	13
264	329	1877 V	Juni 27·07676	103	14	49	184	16	55	115	44	31
265	330	1877 VI	Septemb. 11·22471	143	13	16	250	59	47	102	13	51
266	331	1878 I	Juli 20·69724	177	34	28	102	15	50	78	10	52
(96)	332 E	1878 II	Juli 26·17398	183	40	18	334	39	13	13	6	37
(251)	333 T_2	1878 III	Septemb. 7·26730	185	7	10	121	0	48	12	46	6
(171)	334 Br	1879 I	März 30·54133	14	55	4	101	19	2	29	23	10
267	335	1879 II	April 27·42900	3	44	23	45	45	40	107	2	3
(240)	336 T_1	1879 III	Mai 7·12421	159	29	35	78	45	56	9	46	3
268	337	1879 IV	August 29·28524	84	15	11	32	25	33	107	45	2
269	338	1879 V	Octob. 4·63624	115	26	39	87	11	10	77	7	50
270	339	1880 I	Januar 27·62502	86	18	7	6	10	29	144	39	42
271	340	1880 II	Juli 1·74612	145	11	57	257	15	3	123	3	42
272	341	1880 III	Septemb. 6·94156	323	6	32	45	18	54	141	54	8
(244)	342 T_3-S	1880 IV	Novemb. 8·00260	106	12	11	296	51	57	5	23	46
273	343	1880 V	Novemb. 9·42137	11	41	26	249	22	32	60	42	14
(163)	344 F	1881 I	Januar 22·67174	201	13	22	209	35	25	11	19	40
274	345	1881 II	Mai 20·44307	173	47	33	126	24	13	77	78	19
275	346	1881 III	Juni 16·44847	354	15	16	270	57	43	63	25	52

Be-zeich-nung	Log. der Periheldist. *log q*	Excentricität *e*	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
(163)	0·2259693	0·5573833	Stephan	Möller	Sept. 3—Nov. 30	A. N. LXXX, 337
252	9·8998540	0·996471	Borelly	R. Gautier	Aug. 20—Sept. 20	A. N. XCII, 72
253	9·585297		R. Henry	Weiss	Aug. 23—Dec. 17	A. N. LXXXIII, 50
(171)	9·7736231	0·8088591	Stephan	E. Lamp	Aug. 31—Oct. 26	Kiel, Publ. VII, 56
254	9·8649197		Coggia	Schulhof	Nov. 10—16	B. A. III, 131
255	8·649025		Winnecke	Wittstein	Febr. 20—25	A. N. XCIV, 200
256	9·9473096		Winnecke	Wenzel	April 11—Juni 17	Wien, Ak. S. LXXVII
257	9·8298069	0·99882015	Coggia	v. Hepperger	Apr. 17—Oct. 18	Wien, Ak. S. LXXXVI
258	0·2273669	0·9628312	Coggia	Holetschek	Aug. 19—Nov. 14	Wien, Ak. S. LXXXVI
259	9·9923984	0·9988309	Borelly	Gruss	Juli 25—Oct. 20	Wien, Ak. S. LXXXVIII
260	9·706057		Borelly	Holetschek	Dec. 6—1875 Jan. 7	A. N. XCIV, 190
(131)	9·9185773	0·7409983	Borelly	v. Haerdtl	Febr. 1—16	Wien, Ak. D. LVI, 162
(96)	9·5223870	0·8494024	Holden	Backlund	Jan. 26—Mai 17	M. d. Petersb. XXXIV, 8
261	9·907111		Borelly	Thrän	Febr. 8—April 3	A. N. CI, 93
262	9·9777145	0·9987005	Winnecke	Plath	April 5—Juli 13	Abh. pag. 45
263	0·0039137	0·9979243	Swift	Poenisch	April 11—Juni 4	A. N. CXV, 187
(189)	9·1199556	0·6278091	Tempel	Leveau	Juli 9—Sept. 10	A. N. CV, 22
264	0·0295666		Tempel	Gruss	Oct. 2—14	Wien, Ak. S. LXXXV
265	0·1975297		Coggia	Larssén	Sept. 13—Dec. 10	A. N. CXVI, 25
266	0·1436288		Swift	Büttner	Juli 7—23	A. N. XCVII, 278
(96)	9·5230694	0·8491543	Tebbutt	Backlund	Aug. 3—Sept. 6	M. d. Petersb. XXXIV, 8
(251)	0·126998	0·553691	Tempel	Schulhof	Juli 19—Dec. 21	Annuaire 1884, 229
(171)	9·7707355	0·8098415	Tempel	E. Lamp	Jan. 14—Mai 23	Kiel, Publ. VII, 56
267	9·952573		Swift	Kremser	Juni 16—Aug. 23	A. N. CVIII, 102
(240)	0·2482463	0·4625512	Tempel	R. Gautier	April 24—Juli 8	M. d. Génève XXIX, 12
268	9·996284		Hartwig	Millosewich	Aug. 24—Sept. 18	Mem. Spettr. Ital. XVII, 55
269	9·9954612		A. Palisa	A. Palisa	Aug. 21—Oct. 22	Wien, Ak. S. LXXXI
270	7·739478		Gould	Kreutz	Febr. 4—19	A. N. CXIV, 73
271	0·2586566		Schaeberle	J. Meyer	April 6—Oct. 11	Wien, Ak. S. LXXXIV
272	9·5497806		Hartwig	Molien	Sept. 29—Nov. 30	A. N. CVI, 121
(244)	0·0282447	0·6571935	Swift	Bossert	Oct. 10—1881 Jan. 20	B. A. III, 72
273	9·819274		Pechüle	Bigourdan	Dec. 16—1881 März 31	C. R. XCII, 172
(163)	0·2400848	0·5490171	Common	Möller	Aug. 2—1882 März 30	B. A. J. 1882 [138]
274	9·7716696		Swift	Gruss	April 30—Mai 11	A. N. CV, 315
275	9·8659875	0·9964327	Tebbutt	Bossert	Mai 22—1882 Febr. 14	C. R. XCIII, 660

Bezeichnung	No. nach GALLE II	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω			Länge des aufst. Knotens ☊			Neigung *i*		
276	347	1881 IV	August 22·31248	122°	7'	19"	97°	2'	37"	140°	13'	54"
277	348	1881 V	Septemb. 13·3192	312	30	52	65	56	56	6	51	4
278	349	1881 VI	Septemb. 14·37183	6	18	10	274	9	51	112	48	47
(96)	350 E	1881 VII	Novemb. 15·30270	183	55	12	334	31	28	12	53	7
279	351	1881 VIII	Novemb. 19·77791	118	0	37	181	25	19	144	50	16
280	352	1882 I	Juni 10·53612	208	59	38	204	56	27	73	48	39
281	353	1882 II	Septemb. 17·23051	69	34	35	346	0	43	141	59	45
282	354	1882 III	Novemb. 12·99363	254	18	45	249	7	11	96	9	2
283	355	1883 I	Februar 18·94856	110	53	22	278	8	36	78	4	5
284	356	1883 II	Decemb. 25·3092	138	39	2	264	25	14	114	59	9
(124)	357 P-Bs.	1884 I	Januar 25·72388	199	11	33	254	5	42	74	2	36
285	358	1884 II	August 16·48583	301	1	59	5	8	59	5	27	38
286	359 Wo	1884 III	Novemb. 17·79370	172	42	31	206	18	31	25	15	41
(96)	360 E	1885 I	März 7·64113	183	55	49	334	36	56	12	54	1
287	361	1885 II	August 5·54394	178	27	1	92	17	10	80	39	26
288	362	1885 III	August 10·44430	43	25	52	204	29	7	59	20	19
(102)	363 Tu	1885 IV	Septemb. 11·14915	206	46	57	269	42	1	54	19	45
289	364	1885 V	Novemb. 25·53442	35	38	42	262	13	21	42	26	32
290	365	1886 I	April 5·96890	126	35	26	36	22	39	82	37	17
291	366	1886 II	Mai 3·29332	119	36	29	68	19	10	84	26	5
292	367	1886 III	Mai 4·45145	38	33	33	287	45	33	100	12	7
293	368	1886 IV	Juni 6·69108	176	47	55	53	28	57	12	43	26
294	369	1886 V	Juni 7·39549	201	13	21	192	42	6	87	44	23
(131)	370 W	1886 VI	Septemb. 4·39181	172	2	7	104	7	30	14	31	40
295	371 Fi	1886 VII	Novemb. 22·39464	315	5	35	52	28	54	3	1	41
296	372	1886 VIII	Novemb. 28·38161	31	53	16	258	11	58	85	35	18
297	373	1886 IX	Decemb. 16·50319	86	20	18	137	22	34	101	37	34
298	374	1887 I	Januar 11·34421	65	22·2		339	38·1		137	37·3	
299	375	1887 II	März 17·37426	159	25	19	279	55	56	104	16	18
300	376	1887 III	März 28·43115	36	31	36	135	27	4	139	47	26
301	377	1887 IV	Juni 16·66988	15	8	3	245	13	22	17	33	9
(127)	378 O	1887 V	Octob. 8·48531	65	20	11	84	32	20	44	34	16
302	379	1888 I	März 17·00832	359	55	31	245	22	56	42	15	10
(96)	380 E	1888 II	Juni 27·99670	183	57	5	334	38	51	12	53	6
303	381	1888 III	Juli 31·14287	59	12	8	101	29	51	74	11	41

Bezeichnung	Log. der Periheldist. *log q*	Excentricität *e*	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
276	9·8017757		Schaeberle	Stechert	Juli 14—Oct. 21	A. N. CVIII, 437
277	9·860503	0·828377	Denning	Matthiessen	Oct. 4—Nov. 24	Karlsruhe, Publ. III, 179
278	9·6524399		Barnard	Millosewich	Sept 17—Oct. 27	A. N. CII, 269
(96)	9·5357273	0·8453998	Winnecke	Backlund	Aug. 20—Nov. 11	M. d. Petersb. XXXIV, 8
279	0·2839578	0·973331	Swift	Olsson	Nov. 16—1882 Jan. 12	A. N. CXIV, 205
280	8·7836376	0·99999454	Wells	v. Rebeur-Paschwitz	März 17—Aug. 16	Karlsruhe, Publ. III
281	7·8889895	0·9999330		Kreutz	Sept 1—1883 Juni 1	Kiel, Publ. VI, 51
282	9·9802257	0·9992287	Barnard	Wolyncewicz	Sept. 13—Dec. 8	A. N. CIV, 219
283	9·8807707	0·9990853	Brooks	Windell	Febr. 23—April 24	Sid. Mess. V, 92
284	9·49094		Ross	H. Oppenheim	1884 Jan. 7-Febr. 19	A. N. XVII, 276
(124)	9·8897099	0·9549960	Brooks	Schulhof, Bossert	1883 Sept. 1 bis 1884 Jan. 2	A. N. CVIII, 16
285	0·1071271	0·5842139	Barnard	Berberich	Juli 16—Nov. 20	A. N. CXXIII, 189
286	0·1964455	0·5609166	Wolf	Thrän	Sept. 17—1885 April 6	A. N. CXXVIII, 421
(96)	9·5344196	0·8457761	Tempel	Backlund	1884 Dec. 13 bis 1885 April 22	M. d. Petersb. XXXIV, 8
287	0·3992904	1·0028519	Barnard	Berberich	Juli 7—Sept. 3	A. N. CXXIII, 405
288	9·877815		Brooks	Gallenmüller	Aug. 31—Oct. 5	A. N. CXXX, 364
(102)	0·0106087	0·8215436	Perrotin	Rahts	Aug. 8—Sept. 16	A. N. CXIII, 206
289	0·0334633		Brooks	Hackenberg	Dec. 26-1886 Mrz. 1	A. N. CXXI, 366
290	9·807767		Fabry	Svedstrup	1885 Dec. 1 bis 1886 Juli 30	A. N. CXIV, 157
291	9·6805802	1·00022860	Barnard	Thrän	1885 Dec. 3 bis 1886 Juli 26	A. N. CXXXII, 283
292	9·925294		Brooks	Celoria	April 30—Juni 3	A. N. CXVII, 10
293	0·123107	0·5787392	Brooks	S. Oppenheim	Mai 22—Juli 3	A. N. CXXVIII, 302
294	9·431999		Brooks	Krüger	April 27—Juli 30	A. N. CXIV, 332
(131)	9·9471854	0·7261780	Finlay	v. Haerdtl	Aug. 19—Nov. 29	Wien, Ak. D. LVI, 162
295	9·9989350	0·7178652	Finlay	Schulhof	Sept. 26 - 1887 Apr.	A. N. CXXXIII, 51
296	0·170274		Barnard	Egbert	1887 Jan. 23 bis Mai 22	A. J. VII, 87
297	9·8217257	1·0003824	Barnard	Buschbaum	Oct. 4—1887 Juni 16	Diss. Göttingen 1889, 43
298	7·73914		Thome	H. Oppenheim	Jan. 18—Jan. 29	A. N. CXXI, 341
299	0·212202	0·9846095	Brooks	Stechert	Jan. 22—April 23	A. C. CXIX, 334
300	0·0028251	1·0004192	Barnard	Heinricius	Febr. 16—April 10	A. N. CXXVIII, 167
301	0·1442046	0·9960879	Barnard	F. Muller	Mai 12—Aug. 11	A. J. VIII, 56
(127)	0·0788620	9·9311297	Brooks	Ginzel	Aug. 24—1888 Juli 5	Berl. R. J. Publ. 3, 33
302	9·8443367	0·9958467	Sawerthal	Tennant	Febr. 18—Sept. 7	M. N. XLIX, 285
(96)	9·5354100	0·8454694	Tebbutt	Backlund	Juli 8—Aug. 25	A. N. CXIX, 173
303	9·9553154	0·9999079	Brooks	Millosewich	Aug. 7—Oct. 30	A. N. CXXIII, 111

Bezeichnung	No. nach GALLE II	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω			Länge des aufst. Knotens ☊			Neigung *i*		
(163)	382 F	1888 IV	August 19·94	201°	13′	22″	209°	35′	25″	11°	19′	40″
304	383	1888 V	Septemb. 12·7776	290	46	57	137	31	48	56	20	51
305	384	1889 I	Januar 31·17837	340	27	40	357	25	15	166	22	13
306	385	1889 II	Juni 10·77911	236	5	5	310	42	36	163	50	31
307	386	1889 III	Juni 20·75088	60	8	5	270	58	4	31	12	50
308	387	1889 IV	Juli 19·28009	345	51	58	286	9	47	65	58	41
309	388	1889 V	Septemb. 30·33971	343	35	51	17	59	4	6	4	7
310	389	1889 VI	Novemb. 29·54151	69	39	0	330	36	2	10	14	54
311	390	1890 I	Januar 26·487076	199	51	40	8	28	6	56	44	15
312	391	1890 II	Juni 1·54801	68	56	14	320	20	44	120	33	23
313	392	1890 III	Juli 8·54656	85	39	37	14	18	25	63	20	4
314	393	1890 IV	August 6·88918	331	15	4	85	22	5	154	18	27
(189)	394 d'A	1890 V	Septemb. 17·49316	172	58	2	146	16	32	15	42	41
315	395	1890 VI	Septemb. 24·51453	163	2	18	100	7	13	98	56	30
316	396	1890 VII	Octob. 26·12523	13	5	42	45	8	8	12	51	30
317	397	1891 I	April 27·5435	178	55	44	193	55	10	120	31	23
(286)	398 W_0	1891 II	Septemb. 3·43865	172	48	26	206	22	17	25	14	34
(96)	399 E	1891 III	Octob. 17·98599	183	57	20	334	41	27	12	54	58
318	400	1891 IV	Novemb. 12·9120	268	33	1	217	38	58	77	42	34
(244)	401 T_2-S	1891 V	Novemb. 14·95835	106	43	1	296	31	15	5	23	14
319	402	1892 I	April 6·65953	24	31	11	240	54	15	38	42	21
320	403	1892 II	Mai 11·231219	129	19	51	253	25	51	89	41	54
321	404	1892 III	Juni 13·485534	14	22	24	331	38	17	20	47	16
(131)	405 W	1892 IV	Juni 30·89430	172	6	27	104	4	37	14	31	34
322	406	1892 V	Decemb. 11·13512	170	19	6	206	42	29	31	10	36
323	407	1892 VI	Decemb. 28·1044	252	42	35	264	29	32	24	47	47
324	408	1893 I	Januar 6·50236	85	13	19	185	38	28	143	51	49
325	409	1893 II	Juli 7·27794	47	7	46	337	21	24	159	58	2
(295)	410 Fi	1893 III	Juli 12·18195	315	31	51	52	27	43	3	2	2
326	411	1893 IV	Septemb. 19·2288	347	27	7	174	55	12	129	50	14
327	412	1894 I	Februar 9·53072	46	15	54	84	21	51	5	31	47
328	413	1894 II	April 13·5210	324	17	17	206	20	59	87	3	52
(251)	414 T_2	1894 III	April 23·2493	185	4	55	121	10	5	12	44	22
329	415	1894 IV	Octob. 12·19466	296	34	35	48	44	37	2	57	54
(96)	416	1895 I	Februar 4·7393	183	57	28	334	44	51	12	54	24

Bezeichnung	Log. der Periheldist. *log q*	Excentricität *e*	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
(163)	0·2400848	0·5490171	Perrotin	Möller	Aug.9-1889Febr.7	A. N. CXX, 77
304	0·183996	9·991113	Barnard	Searle	Oct.30-1889Mai22	A. J. VIII, 181
305	0·2588515	1·0010863	Barnard	Berberich	1888 Sept. 2 bis 1891 Mai 1	A. N. CXXIII, 280
306	0·3532083	0·9995208	Barnard	Millosewich	März 31—1890 Aug. 24	A. N. CXXV, 319
307	0·042338	0·956665	Barnard	Berberich	Juni 23—Aug. 6	A. N. CXXIII, 77
308	0·016890	0·996504	Davidson	Berberich	Juli 19—Nov. 21	A. N. CXXIV, 147
309	0·2899980	0·4707799	Brooks	Bauschinger	Juli 6—1891 Jan.13	Münch.Ann.III, 38
310	0·1315170	0·6758467	Swift	Hind	Nov. 16—1890 Jan. 21	C. R. CXIII, 184
311	9·4309823		Borelly	Radelfinger	1889 Dec. 12 bis 1890 Jan. 16	A. N. CILII, 65
312	0·280471	1·00037259	Brooks	Bidschof	Mrz.19-1892Fbr.4	A. N. CXXVIII, 201
313	9·8831669		Coggia	Ebert	Juli 18—Aug. 13	A. N. CXXXII, 105
314	0·311053	0·995872	Zona	Venturi	Nov. 15—1891 Jan. 13	A. N. CIL, 239
(189)	0·1219017	0·6271251	Barnard	Leveau	Oct. 6—Dec. 13	A. N. CXXIV, 115
315	0·100448	0·9991542	Denning	Bobrinskoy	Juli 23—Nov. 7	A. N. CXXXIV, 245
316	0·2595701	0·4727455	Spitaler	Tennant	Nov.16-1891Fbr.4	M. N. LII, 30
317	9·598826		Barnard	Bellamy	März 29—Juli 9	A. J. X, 191
(286)	0·2021579	0·5571859	Spitaler	Thrän	Mai 1-1892Mrz 31	A. N. CXXVIII, 422
(96)	9·5320821	0·8464737	Barnard	Backlund	Aug. 1—Octob. 12	A. N. CXXVII, 428
318	9·989838		Barnard	Froebe	Octob. 2—Dec. 6	A. N. CXXVIII, 439
(244)	0·036071	0·6527024	Barnard	Bossert	Sept. 27—1892 Jan. 21	A. N. CXXVII, 271
319	0·011499	0·998613	Swift	Berberich	Mrz.6-1893Fbr.16	A. N. CXXX, 215
320	0·2946197	1·000345	Denning	Steiner	März 18—1893 Jan. 20	A. N. CILV, 247
321	0·3307680	0·4091581	Holmes	Kohlschütter	Nov. 6—1893 April 6	Diss. Kiel 1896, A. N. CILI, 241
(131)	9·9477053	0·7259908	Spitaler	v. Haerdtl	März 18—Oct. 20	A. N. CXXIX, 169
322	0·1546264	0·5781439	Barnard	Porter	Oct. 12—Nov. 22	A. J. XIII, 186
323	9·989320		Brooks	H. Oppenheim	Aug. 28—1893 Juli 18	A. N. CXXXI, 175
324	0·0774075		Brooks	Isham, Porter	1892 Nov. 19 bis 1893 Juni	A. J. XIII, 55
325	9·829013	0·9994621	Sperra	Kromm	Juni 19—Dec. 20	V. J. S. XXX, 130
(295)	9·9952568	0·7195062	Finlay	Schulhof	Mai 17—Sept. 21	B. A. XVI, 402
326	9·909558	0·996489	Brooks	Peyra	Oct. 16—1894 Jan. 26	A. N. CXXXVII, 273
327	0·059676	0·6983456	Denning	Schulhof	März 26—Juni 5	A. N. CXXXVII, 191
328	9·992741		Gale	Kohlschütter	April 1—Juli 31	A. N. CXXXV, 263
(251)	0·130530	0·5510772	Finlay	Schulhof	Mai 8—Ende Juli	B. A. XI, 254
329	0·145042	0·5684393	Swift	Chandler	Nov. 20—1895 Jan. 29	A. J. XV, 10
(96)	9·532870	0·8462206	Perrotin	Backlund	1894 Oct. 31 bis 1895 Jan. 25	A. N. CXXXVI, 379

Bezeichnung	No. nach GALLE II	Jahr	Durchgang durch das Perihel M. Zt. Paris	Argument des Perihels ω			Länge des aufst. Knotens ☊			Neigung *i*		
330	417	1895 II	August 20·85408	167°	47′	8″	170°	16′	17″	2°	59′	25″
331	418	1895 III	Octob. 4·059166	298	46	8	83	5	1	76	14	45
332	419	1895 IV	Decemb. 18·33319	272	40	23	320	30	48	141	36	39
333	420	1896 I	Januar 31·78360	358	20	15	208	50	25	155	44	49
(163)	421 F	1896 II	März 19·27	201	13	22	209	35	25	11	19	40
334	422	1896 III	April 17·6538079	1	44	24	178	14	51	55	34	25
335	423	1896 IV	Juli 10·95068	41	2	8	151	2	1	88	25	36
336	424	1896 V	Octob. 27·78528	140	23	17	193	16	10	11	23	7
(309)	425 Bs	1896 VI	Novemb. 4·15328	343	47	35	18	1	8	6	3	34
337	426	1896 VII	Novemb. 24·63499	63	54	2	246	37	12	13	40	17
338	427	1897 I	Februar 8·08808	172	17	39	86	28	31	146	8	44
(189)	428 d'A	1897 II	Mai 21·70528	173	4	12	146	21	19	15	43	30
339	429	1897 III	Decemb. 8·649077	65	53	58	32	3	9	69	35	58
340	430	1898 I	März 17·12544	47	18	20	262	26	4	72	31	56
(131)	431 W	1898 II	März 20·39849	173	21	10	100	51	46	16	59	34
(96)	432 E	1898 III	Mai 26·80928	183	58	57	334	46	43	12	54	37
(286)	433 Wo	1898 IV	Juli 4·56928	172	52	35	206	29	4	25	12	16
341	434	1898 V	Juli 25·51974	22	24	35	278	17	10	166	51	1
342	435	1898 VI	August 16·20628	205	36	24	259	6	12	70	1	37
343	436	1898 VII	Septemb. 14·050699	233	15	19	74	0	58	69	56	0
344	437	1898 VIII	Septemb. 20·08029	4	35	32	95	51	25	22	30	27
345	438	1898 IX	Octob. 20·54714	162	20	25	34	53	52	28	51	1
346	439	1898 X	Novemb. 23·15918	123	32	0	96	18	23	140	20	54
347	440	1899 I	April 12·984212	8	41	56	24	59	18	146	15	28
(321)	441 Ho	1899 II	April 28·06138	14	4	21	331	43	32	20	48	10
(102)	442 Tu	1899 III	Mai 4·47438	206	39	9	269	49	54	54	29	16
(251)	443 T_2	1899 IV	Juli 28·51428	185	36	20	120	57	56	12	38	53

Bezeichnung	Log. der Periheldist. *log q*	Excentricität *e*	Name des Entdeckers	Name des Berechners	Dauer der Sichtbarkeit	Nachweis der Berechnung
330	0·112686	0·647742	SWIFT	BERBERICH	Aug. 20—1896 Febr. 5	A. N. CXXXVIII, 367
331	9·9258452		BROOKS	WASSILIEF	Nov. 21—Dec. 20	A. N. CILIII, 229
332	9·283259		PERRINE	AITKEN	Nov. 16—1896 Aug. 9	A. J. XVI, 111
333	9·768889		PERRINE	BUCHHOLZ	Febr. 14—Apr. 16	A. N. CII., 335
(163)	0·2400848	0·5490171	JAVELLE	MÖLLER	1895 Sept. 26 bis 1896 Jan. 15	B. A. J. 1882
334	9·7530356	1·0004757	SWIFT	AITKEN	Apr. 13—Juni 20	A. N. CILVIII, 337
335	0·057853		SPERRA	LAMP	Aug. 31—Oct. 8	A. N. CILI, 357
336	0·163746	0·5962162	GIACOBINI	GIACOBINI	Sept. 4—1897 Jan. 4	V. J. S. XXXII, 62
(309)	0·292102	0·4694344	BROOKS	JAVELLE	Juni 20—1897 Febr. 25	Ver. Berl. R. I. 8
337	0·045414	0·6792812	PERRINE	OSTEN	Dec. 8 bis 1897 März 3	A. N. CILV, 349
338	0·026336		PERRINE	MÖLLER	1896 Nov. 2 bis 1897 Mai 5	Astr. Abh. A. N. No. 2
(189)	0·120979	0·6273078	PERRINE	LEVEAU	Juni 28—Oct. 3	B. A. XIV, 30
339	0·132477		PERRINE	WESSELL	Oct. 16—Nov. 27	A. N. CLI, 209
340	0·039459	0·954818	PERRINE	CURTIS	März 19—Nov. 15	A. J. XIX, 195
(131)	9·965727	0·714763	PERRINE	CHANDLER	Jan. 1—Febr. 28	A. J. XVIII, 127
(96)	9·532354	0·8463863	TEBBUTT	IWANOW	Juni 11—Juli 10	A. N. CILVI, 159
(286)	0·204943	0·5553371	HUSSEY	THRÄN	Juni 16—1899 März 10	A. N. CILVI, 11
341	0·176460		GIACOBINI	STICHTENOTH	Juni 18—Aug. 16	A. N. CILVII, 123
342	9·796950		PERRINE	PERRINE	Juni 14—Aug. 10	A. J. XIX, 95
343	0·230859	1·0010336	CODDINGTON	MERFIELD	Juni 11—1899 Dec. 7	A. N. CLIV, 229
344	0·358758		CHASE	SPRAGEN	Nov. 14—1899 Juni 26	A. J. XX, 98
345	9·623749		PERRINE	BERBERICH	Sept. 12—Oct. 9	A. N. CILVII, 333
346	9·878535		BROOKS	POKROWSKI, SCHARBE	Oct. 20—Nov. 26	A. N. CILIX, 127
347	9·513974	1·0003945	SWIFT	MERFIELD	März 3—Aug. 10	A. N. CLI, 23
(321)	0·327992	0·4113460	PERRINE	ZWIERS	Juni 10—Nov. 6	A. N. CL, 341
(102)	0·008230	0·8217125	WOLF	RAHTS	März 5—Juli 10	A. N. CILVIII, 389
(251)	0·142555	0·5421104	PERRINE	SCHULHOF	Mai 6—Nov. 22	A. N. CILIX, 375

Tafel VII.

Bahnelemente der Planeten.

Bei den Elementen der kleinen Planeten pag. 324—347 bedürfen nur die Columnen 2, 3 (m_0, g) der Erklärung, da die übrigen nach dem Text und den einschlägigen Artikeln nicht misszuverstehen sind.

Es bedeutet m_0 die mittlere Grösse, d. h. die, welche der Planet in seiner mittleren Entfernung a von der Sonne und der gleichzeitigen Entfernung $a - 1$ von der Erde haben würde; ferner ist g eine Grösse, welche aus m_0 nach der Formel

$$g = m_0 - 5 \log a (a - 1)$$

berechnet ist und die dazu dient, für einen beliebigen geocentrischen Ort des Planeten seine Grössenclasse M zu berechnen. Ist dann Δ die Entfernung des Planeten von der Erde, r seine Entfernung von der Sonne, so ist seine Grösse

$$M = g + 5 (\log \Delta + \log r).$$

Die Elemente sind dem Berliner Astron. Jahrbuch für 1903 bezw. den Veröffentlichungen des Berliner Recheninstituts entnommen. Diejenigen kleinen Planeten, deren Beobachtungen nur zur Berechnung einer Kreisbahn ausreichten, — etwa 20 — sind nicht berücksichtigt worden. Das Zeichen $<$ in der letzten Columne bedeutet, dass der Planet in mehr als 10 Oppositionen beobachtet worden ist.

Nummer und Name	m_0	g	Epoche und Osculation	Mittl. Aeq.	M	ω	☊
1 Ceres . .	7·4	4·0	1901 Nov. 4·0	d. Ep.	253° 10′ 8″·0	70° 3′ 55″·6	80° 40′ 14″·7
2 Pallas . .	8·0	4·5	1901 Aug. 24·0	d. Ep.	238 38 13·1	309 14 44·8	172 49 47·5
3 Juno . .	8·7	5·5	1900 Octob. 4·0	d. Ep.	330 58 54·7	244 44 12·5	170 44 28·0
4 Vesta . .	6·5	4·0	1901 Jan. 20·0	d. Ep.	246 32 47·4	148 31 47·7	103 31 50·8
5 Astraea . .	9·9	6·9	1898 Sept. 11.0	1900·0	224 4 1·2	353 27 42·1	141 31 29·0
6 Hebe . .	8·5	5·8	1900 Juli 3·0	1900·0	284 20 20·1	236 56 20·0	138 39 42·4
7 Iris . .	8·4	5·8	1900 Jan. 0·0	1900·0	9 5 20·1	141 31 26·9	260 33 44·3
8 Flora . .	8·9	6·8	1848 Jan. 1·0	d. Ep.	35 52 49·3	282 38 15·6	110 17 16·7
9 Metis . .	8·9	6·3	1858 Juni 30·0	d. Ep.	57 4 34·7	2 32 16·9	68 31 35·2
10 Hygiea . .	9·5	5·4	1898 Dec. 20·0	1900·0	291 20 17·9	308 58 5·7	285 48 45.5
11 Parthenope	9·3	6·5	1901 Octob. 26·0	1901·0	65 58 42·7	193 25 15·7	125 16 38·9
12 Victoria .	9·7	7·2	1851 Jan. 0·0	d. Ep.	66 2 39·9	66 4 43·3	235 34 41·7
13 Egeria . .	9·7	6·7	1850 Jan. 0·0	d. Ep.	210 46 34·3	76 58 23·7	43 11 34·5
14 Irene . .	9·7	6·6	1898 Octob. 1·0	1900·0	180 47 34·9	92 3 15·9	86 57 12·9
15 Eunomia .	8·6	5·4	1854 Jan. 0·0	d. Ep.	122 5 31·5	93 59 46·0	293 52 14·5
16 Psyche . .	9·6	5·9	1899 Juli 27·0	1900·0	301 1 33·0	226 3 22·5	150 31 37·1
17 Thetis . .	10·1	7·3	1902 Jan. 14·0	1900·0	224 16 11·8	137 46 46·4	125 11 23·9
18 Melpomene	9·3	6·9	1854 Jan. 0·0	d. Ep.	80 4 37·0	225 1 41·3	150 3 49·7
19 Fortuna . .	9·8	7·1	1901 Juni 8·0	1900·0	239 23 5·6	179 35 37·5	211 14 52·1
20 Massalia .	9·2	6·5	1899 März 29·0	1900·0	76 24 22·5	253 50 39·9	206 37 45·2
21 Lutetia .	10·1	7·4	1853 Jan. 2·0	d. Ep.	74 20 5·1	246 36 10·2	80 27 48·5
22 Kalliope .	9·8	6·1	1898 Octob. 1·0	1900·0	96 34 37·0	351 56 41·4	66 33 27·0
23 Thalia . .	10·5	7·3	1900 Jan. 3·0	1900·0	337 2 2·1	55 59 46·7	67 50 20·9
24 Themis . .	10·8	6·7	1897 Dec. 25·0	1900·0	40 55 3·7	106 58 44·6	35 39 6·4
25 Phocaea .	10·5	7·9	1898 Aug. 2·0	1900·0	7 21 33·6	88 49 31·0	214 13 50·6
26 Proserpina .	10·5	7·3	1853 Juni 11·0	d. Ep.	351 5 55·6	190 30 15·7	45 54 59·3
27 Euterpe . .	9·7	7·2	1873 Jan. 5·0	1870·0	90 32 27·0	354 8 6·0	93 51 20·1
28 Bellona . .	10·1	6·6	1898 Sept. 11·0	1900·0	258 21 43·7	338 30 59·1	144 43 16·1
29 Amphitrite .	9·0	6·1	1855 Jan. 0·0	1870·0	198 1 40·2	59 42 14·8	356 40 46·5
30 Urania . .	9·9	7·4	1890 Juni 5·0	1900·0	239 51 48·5	83 43 10·7	308 15 7·4
31 Euphrosyne	11·0	6·8	1899 Octob 15·0	1900·0	327 7 12·3	60 23 37·9	31 45 6·4
32 Pomona .	10·6	7·5	1855 Jan. 0·0	d. Ep.	223 54 39·3	332 38 53·4	220 42 55·2
33 Polyhymnia	11·8	8·2	1900 Jan. 0·0	1900·0	137 40 57·3	334 10 42·4	9 7 49·5
34 Circe . .	11·5	8·2	1897 Dec. 5·0	1900·0	288 24 37·6	326 54 59·7	184 49 41·0
35 Leucothea .	12·2	8·3	1898 Sept. 11·0	1900·0	127 21 38·2	205 22 19·6	355 47 23·7
36 Atalante .	12·0	8·6	1899 Mai 8·0	1900·0	179 27 12·1	44 26 45·4	359 6 46·3
37 Fides . .	10·4	7·2	1900 März 5·0	1900·0	78 37 55·9	58 50 12·4	8 7 10·9
38 Leda . .	11·4	8·0	1897 Febr. 8·0	1900·0	31 52 32·7	166 10 52·1	296 29 4·4
39 Laetitia .	9·5	6·0	1897 Jan. 19·0	1900·0	111 43 50·9	205 28 8·2	157 24 53·4
40 Harmonia .	9·2	6·9	1863 Jan. 0·0	d. Ep.	186 48 19·4	267 19 12·8	93 34 54·2

No.	*i*	φ	μ	*log a*	Berechner	Jahr d. Entd.	Zahl der beob. Opp.
1	10° 37′ 20″·7	4° 30′ 18″·5	771″·1336	0·4419180	Godward	1801	< 10
2	34 41 24·6	13 45 49·5	769·0198	0·4427127	Farley	1802	< 10
3	13 1 35·7	14 54 14·4	813·8326	0·4263143	Hind	1804	< 10
4	7 8 18·6	5 7 11·3	977·7686	0·3731803	Farley	1807	< 10
5	5 20 7·2	11 1 8·5	858·1895	0·4109489	Farley	1845	< 10
6	14 48 3·2	11 35 3·1	939·1860	0·3848366	R. Luther	1847	< 10
7	5 28 1·2	13 20 50·2	962·5828	0·3777123	Riem	1847	< 10
8	5 53 7·3	9 0 54·4	1086·3382	0·3426943	Downing	1847	< 10
9	5 36 0·3	7 5 2·4	962·3390	0·3777857	Lesser	1848	< 10
10	3 48 49·8	6 53 27·8	639·1669	0·4962621	E. Becker	1849	< 10
11	4 37 54·2	5 44 1·0	923·9058	0·3895859	R. Luther	1850	< 10
12	8 23 17·7	12 38 44·9	994·8347	0·3681389	Brünnow	1850	< 10
13	16 32 24·6	4 59 47·3	857·9451	0·4110315	Hansen	1850	< 10
14	9 7 32·2	9 20 51·3	851·4287	0·4132389	Maywald	1851	< 10
15	11 44 17·4	10 47 32·2	825·4550	0·4222090	Schubert	1851	< 10
16	3 4 30·2	7 50 18·3	710·5554	0·4656058	Schubert	1852	< 10
17	5 36 38·9	7 33 40·2	912·6523	0·3931342	Maywald	1852	< 10
18	10 9 16·9	12 34 20·2	1020·1198	0·3609032	Schubert	1852	< 10
19	1 33 1·6	9 6 40·0	929·1534	0·3879461	Berberich	1852	< 10
20	0 41 11·9	8 17 46·2	949·0005	0·3818268	Köstner	1852	< 10
21	3 5 9·5	9 19 44·6	933·5544	0·3865780	Lesser	1852	< 10
22	13 43 36·7	5 38 34·5	714·4288	0·4640317	Berberich	1852	< 10
23	10 13 2·0	13 32 59·4	833·5369	0·4193879	Schubert	1852	< 10
24	0 48 8·1	7 50 15·3	640·5990	0·4956138	Krueger	1853	< 10
25	21 36 44·5	14 39 21·4	954·0992	0·3802754	Berberich	1853	< 10
26	3 35 47·7	5 0 37·3	819·6847	0·4243399	Hoek	1853	< 10
27	1 35 30·4	10 0 56·0	986·6944	0·3705493	Hoppe	1853	< 10
28	9 21 37·4	8 38 54·6	765·9782	0·4438601	v. d. Groeben	1854	< 10
29	6 7 4·6	4 15 25·3	869·0352	0·4073128	E. Becker	1854	< 10
30	2 5 59·5	7 21 5·1	975·3144	0·3739080	Günther	1854	< 10
31	26 28 3·3	12 52 34·7	635·0803	0·4981187	Schubert	1854	< 10
32	5 28 49·9	4 45 43·1	852·5880	0·4128449	Lesser	1854	< 10
33	1 55 15·8	19 41 13·8	731·7057	0·4571134	Newcomb	1854	< 10
34	5 27 26·3	6 4 35·9	805·6011	0·4292575	Auwers	1855	< 10
35	8 11 44·8	12 42 36·2	683·6866	0·4767663	Tietjen	1855	< 10
36	18 39 39·3	17 26 19·0	777·3458	0·4395950	Schubert	1855	< 10
37	3 6 14·1	10 15 7·8	826·9450	0·4216867	R. Luther	1855	< 10
38	6 57 52·6	8 53 45·4	781·8518	0·4379215	Berberich	1856	9
39	10 22 11·4	6 23 16·8	769·6407	0·4424791	Tietjen	1856	< 10
40	4 15 48·4	2 40 13·6	1039·3353	0·3555000	Schubert	1856	< 10

Nummer und Name	m_0	g	Epoche und Osculation	Mittl. Aeq.	M	ω	☊
41 Daphne .	10·5	7·0	1896 Dec. 30·0	1900·0	278° 7′ 19″·3	41° 56′ 43″·2	178° 54′ 57″·1
42 Isis . . .	10·4	7·7	1901 März 20·0	1900·0	220 37 25·4	234 12 19·6	84 21 28·4
43 Ariadne .	10·0	7·9	1897 Octob. 6·0	1900·0	80 15 48·4	13 59 41·2	264 44 16·3
44 Nysa . .	9·8	7·1	1891 April 1·0	1900·0	101 29 32·1	340 32 15·8	131 15 10·2
45 Eugenia .	10·7	7·3	1890 Nov. 12·0	1900·0	180 7 31·7	82 42 47·8	148 7 49·1
46 Hestia . .	10·6	7·7	1901 Juni 28·0	1900·0	303 49 9·3	172 38 50·4	181 22 41·9
47 Aglaja . .	11·2	7·5	1898 Dec. 20·0	1900·0	193 12 16·1	310 0 51·6	4 3 41·5
48 Doris . .	10·9	6·8	1890 Sept. 13·0	1900·0	277 3 7·4	251 36 35·0	184 42 28·7
49 Pales . .	11·0	7·0	1898 März 15·0	1900·0	133 1 8·6	104 18 44·6	289 40 40·8
50 Virginia .	11·7	8·5	1890 April 6·0	1900·0	193 9 42·2	196 47 34·5	173 47 19·2
51 Nemausa .	9·8	7·3	1889 Nov. 17·0	1900·0	254 26 43·1	358 30 23·3	175 52 45·4
52 Europa . .	10·3	6·2	1891 April 1·0	1900·0	65 39 33·0	335 58 38·7	129 49 21·9
53 Kalypso .	11·5	8·4	1898 Sept. 11·0	1900·0	262 39 8·8	309 50 4·2	143 54 57·8
54 Alexandra .	10·9	7·6	1884 Aug. 15·0	1900·0	316 55 13·5	341 53 51·5	313 53 45·7
55 Pandora .	10·8	7·4	1885 Jan. 22·0	1900·0	263 33 12·6	0 46 45·4	11 5 29·9
56 Melete . .	11·3	8·2	1900 Dec. 30·0	1901·0	157 16 2·5	101 6 10·5	194 3 16·4
57 Mnemosyne	10·7	6·5	1897 Juni 28·0	1900·0	231 1 17·6	210 8 12·7	200 1 43·4
58 Concordia .	11·6	8·3	1865 Jan. 7·0	d. Ep.	21 24 4·2	27 50 14·7	161 19 50·3
59 Elpis . .	10·9	7·6	1865 Jan. 7·0	1900·0	334 18 57·1	207 58 22·3	170 49 39·2
60 Echo . .	11·1	8·5	1897 Octob. 6·0	1900·0	272 15 22·3	267 58 4·0	191 53 22·7
61 Danaë . .	11·0	7·1	1900 April 14·0	1900·0	244 20 50·4	8 27 33·5	334 15 0·8
62 Erato . .	12·3	8·2	1877 Sept. 21·0	1900·0	358 43 44·3	273 16 41·1	125 59 38·4
63 Ausonia .	9·9	7·3	1898 Febr. 3·0	1900·0	250 44 8·5	292 55 25·5	337 58 3·7
64 Angelina .	10·5	7·2	1898 Octob. 1·0	1900·0	239 38 51·2	173 37 28·8	310 50 59·6
65 Cybele . .	11·0	6·4	1901 Aug. 27·0	1900·0	69 23 49·7	97 12 13·4	158 44 4·0
66 Maja . .	12·2	9·0	1897 Juli 18·0	1900·0	277 50 28·5	40 10 9·2	8 17 30·6
67 Asia . .	11·2	8·5	1897 Dec. 5·0	1900·0	201 20 50·1	103 20 37·7	202 55 26·2
68 Leto . .	10·5	7·0	1898 April 24·0	1900·0	236 41 25·3	301 43 40·3	44 42 44·5
69 Hesperia .	10·7	6·8	1889 Jan. 1·0	1900·0	182 52 57·9	284 43 39·6	186 40 56·4
70 Panopaea .	10·9	7·8	1890 Dec. 22·0	1900·0	305 21 16·5	252 49 22·9	48 15 50·9
71 Niobe . .	10·7	7·3	1898 Octob. 1·0	1900·0	134 2 10·3	265 39 20·2	316 22 37·2
72 Feronia . .	11·2	8·9	1897 Dec. 25·0	1900·0	166 4 16·3	100 27 36·6	207 54 6·8
73 Klytia . .	12·0	8·8	1898 Aug. 2·0	1900·0	244 29 53·1	52 42 12·0	7 35 28·1
74 Galatea . .	11·8	8·3	1897 Febr. 28·0	1900·0	148 4 45·2	171 0 3·8	197 44 15·2
75 Eurydike .	11·6	8·4	1897 Octob. 26·0	1900·0	32 23 13·9	335 34 2·0	359 58 28·1
76 Freia . .	12·0	7·4	1902 Febr. 3·0	1900·0	42 28 47·7	236 29 56·1	212 10 7·0
77 Frigga . .	11·1	7·9	1897 Octob. 6·0	1900·0	331 13 52·7	56 51 27·7	2 4 10·7
78 Diana . .	10·6	7·5	1899 Sept. 6·0	1900·0	253 25 1·6	148 55 27·0	333 51 33·1
79 Eurynome .	10·5	7·8	1901 Aug. 7·0	1900·0	301 43 28·9	198 40 20·8	206 33 9·9
80 Sappho .	10·6	8·2	1896 Octob. 11·0	1900·0	19 11 20·1	136 54 29·1	218 40 52·1

No.	*i*	φ	μ	*log a*	Berechner	Jahr d. Entd.	Zahl der beob. Opp.
41	15° 55′ 27″·6	15° 27′ 11″·7	770″·8841	0·4420117	Berberich	1856	< 10
42	8 34 3·0	12 50 33·9	930·2275	0·3876117	L. Becker	1856	< 10
43	3 27 42·6	9 38 32·6	1084·7577	0·3431159	Prey	1857	< 10
44	3 42 4·2	8 48 10·9	941·7363	0·3840515	Powalky	1857	< 10
45	6 35 22·7	4 44 11·6	791·0695	0·4345280	Richter	1857	< 10
46	2 17 29·6	9 32 44·5	883·5543	0·4025156	Karlinsky	1857	< 10
47	5 0 34·6	7 42 46·5	726·7211	0·4590926	Powalky	1857	< 10
48	6 30 28·0	3 30 16·7	645·5014	0·4934063	Powalky	1857	< 10
49	3 8 26·3	12 52 28·4	648·4530	0·4920854	Powalky	1857	< 10
50	2 48 31·7	16 45 58·0	823·5561	0·4228757	Powalky	1857	< 10
51	9 57 16·2	3 51 23·3	975·1593	0·3739540	Berberich	1858	< 10
52	7 26 18·3	6 31 44·8	651·8134	0·4905889	Murmann	1858	< 10
53	5 7 29·0	11 56 45·7	837·9945	0·4178437	Tietjen	1858	< 10
54	11 47 33·9	11 31 49·2	795·5362	0·4328971	Schultz	1858	< 10
55	7 13 21·5	8 18 56·3	774·4612	0·4406713	A. Moeller	1858	< 10
56	8 3 13·4	13 24 5·5	846·1114	0·4150527	R. Luther	1857	< 10
57	15 11 43·8	6 49 36·3	635·2903	0·4980229	Adolph	1859	< 10
58	5 1 50·5	2 26 21·8	799·5964	0·4314238	Oppolzer	1860	< 10
59	8 36 57·8	6 44 2·7	793·9788	0·4334651	Oppolzer	1860	< 10
60	3 35 6·7	10 34 22·7	958·2244	0·3790263	C. H. F. Peters	1860	< 10
61	18 14 58·7	9 29 23·8	688·3554	0·4747959	R. Luther	1860	< 10
62	2 12 18·6	10 6 47·4	642·5659	0·4947260	Oppolzer	1860	< 10
63	5 47 11·4	7 17 58·7	957·1671	0·3793459	Tietjen	1861	< 10
64	1 19 34·2	7 17 59·7	807·9036	0·4284314	Oppolzer	1861	< 10
65	3 28 54·7	5 46 30·1	557·9795	0·5355923	Fritsche	1861	< 10
66	3 4 58·6	10 3 43·4	824·7740	0·4224477	Maywald	1861	8
67	5 59 14·6	10 47 54·5	942·3560	0·3838611	Frischauf	1861	< 10
68	7 58 21·8	10 39 16·0	763·4868	0·4448033	Th. Wolff	1861	< 10
69	8 29 52·2	9 39 2·0	689·6731	0·4742422	Kowalczyk	1861	< 10
70	11 38 20·8	10 22 15·9	838·9960	0·4174978	Richter	1861	< 10
71	23 16 53·8	9 57 51·8	775·1865	0·4404003	E. Becker	1861	< 10
72	5 23 56·2	6 56 42·6	1040·3544	0·3552169	C. H. F. Peters	1861	< 10
73	2 24 13·1	2 34 3·9	816·0117	0·4255401	Powalky	1862	9
74	4 0 26·4	13 43 0·6	764·6230	0·4443728	Maywald	1862	< 10
75	4 59 51·2	17 45 42·2	812·4299	0·4268137	Stockwell	1862	< 10
76	2 2 45·0	9 44 30·3	562·3429	0·5333369	Murmann	1862	< 10
77	2 27 29·8	7 38 43·5	813·8298	0·4263153	Plath	1862	10
78	8 41 18·7	12 5 4·7	837·1977	0·4181191	Dubjago	1863	< 10
79	4 35 57·9	10 58 36·8	928·0790	0·3882811	Lachmann	1863	< 10
80	8 37 21·0	11 34 29·9	1020·1090	0·3609067	v. d. Groeben	1864	< 10

Nummer und Name	m_0	g	Epoche und Osculation	Mittl. Aeq.	M	ω	☊
81 Terpsichore	11·8	8·2	1897 Juli 18·0	1900·0	260° 37′ 9″·1	46° 14′ 45″·4	2° 26′ 3″·2
82 Alkmene .	11·2	7·8	1901 Dec. 25·0	1900·0	337 58 9·6	107 1 28·4	26 30 38·7
83 Beatrix .	11·3	8·6	1891 Jan. 11·0	1900·0	295 16 6·4	163 24 10·4	27 39 29·7
84 Klio . .	11·3	8·8	1897 April 29·0	1900·0	252 50 4·7	12 50 33·4	327 31 22·2
85 Jo . . .	10·9	7·7	1889 Febr. 10·0	1900·0	180 9 35·1	120 16 29·3	203 46 47·4
86 Semele .	12·4	8·3	1896 Mai 4·0	1900·0	203 38 24·5	300 25 0·9	87 54 38·5
87 Sylvia . .	11·9	7·2	1898 April 24·0	1900·0	236 42 47·7	265 34 8·9	75 7 59·2
88 Thisbe .	10·8	7·4	1889 Dec. 27·0	1900·0	25 33 30·8	30 51 35·1	277 42 47·1
89 Julia . .	10·1	7·1	1889 Dec. 27·0	1900·0	237 15 2·3	42 50 30·0	311 52 22·1
90 Antiope .	11·6	7·5	1898 April 4·0	1900·0	277 45 51·5	231 43 15·5	71 13 4·8
91 Aegina .	11·3	8·2	1895 Octob 17·0	1900·0	301 7 37·1	71 47 2·1	10 57 44·3
92 Undina .	10·9	6·7	1896 Sept. 1·0	1900·0	30 19 59·7	222 11 3·2	102 55 42·7
93 Minerva .	10·8	7·4	1897 Jan. 19·0	1900·0	213 22 8·2	270 51 58·5	4 56 14·6
94 Aurora .	11·3	7·1	1883 Juli 12·0	1900·0	256 3 4·3	45 22 31·8	4 25 0·9
95 Arethusa .	11·3	7·3	1897 April 29·0	1900·0	187 44 18·9	150 12 20·9	244 1 45·9
96 Aegle . .	11·4	7·4	1897 Sept. 16·0	1900·0	182 59 36·0	200 34 38·9	322 38 39·2
97 Klotho .	10·6	7·4	1898 Jan. 14·0	1900·0	21 4 31·9	264 36 3·6	160 48 52·0
98 Janthe .	11·6	8·3	1897 Nov. 15·0	1900·0	283 55 20·7	155 6 36·5	354 17 48·6
99 Dike . .	14	10·5	1868 Juni 5·0	1900·0	350 36 11	198 52 26	42 1 35
100 Hekate .	11·9	7·8	1898 Jan. 14·0	1900·0	156 19 38·0	176 49 22·9	128 18 46·9
101 Helena .	10·7	7·6	1897 Aug. 27·0	1900·0	8 56 38·1	343 58 29·0	343 34 25·3
102 Miriam .	12·6	9·4	1898 Juli 13·0	1900·0	319 11 42·8	143 39 2·3	211 30 18·2
103 Hera . .	10·2	6·9	1897 Febr. 8·0	1900·0	173 11 18·9	185 58 23·1	136 18 9·4
104 Klymene .	12·2	8·0	1897 Dec. 25·0	1900·0	35 9 54·6	19 59 38·3	43 6 17·3
105 Artemis .	11·1	8·5	1897 Aug. 27·0	1900·0	69 55 41·8	54 43 29·2	188 6 29·5
106 Dione .	11·3	7·2	1901 Juni 28·0	1900·0	281 5 36·9	323 34 1·8	63 10 14·8
107 Camilla .	11·2	6·5	1891 April 21·0	1900·0	97 7 57·4	293 58 0·6	176 5 37·5
108 Hecuba .	11·7	7·4	1901 Nov. 15·0	1900·0	259 37 15·0	174 52 32·5	352 23 14·1
109 Felecitas .	12·0	8·7	1898 Jan. 14·0	1900·0	115 33 32·5	52 23 0·4	4 34 5·3
110 Lydia . .	10·5	7·1	1888 Febr. 16·0	1900·0	197 35 50·6	279 6 17·0	57 21 12·6
111 Ate . .	11·3	8·2	1890 Jan. 16·0	1900·0	91 26 4·4	163 35 29·2	306 30 48·3
112 Iphigenia .	11·5	8·8	1897 Dec. 25·0	1900·0	88 12 11·4	14 8 43·2	324 4 8·9
113 Amalthea .	11·0	8·4	1901 Juli 8·0	1900·0	78 35 2·8	77 5 51·1	123 13 26·8
114 Kassandra	11·1	7·8	1889 Sept. 18·0	1900·0	211 30 3·4	348 48 21·0	164 32 42·0
115 Thyra . .	10·4	7·8	1897 Octob. 6·0	1900·0	340 57 26·1	94 2 54·5	309 11 11·8
116 Sirona .	10·7	7·3	1889 Juni 10·0	1900·0	158 3 13·7	89 5 27·1	64 34 59·8
117 Lomia .	11·4	7·5	1897 Octob. 6·0	1900·0	332 35 55·4	48 38 21·5	349 32 55·0
118 Peitho .	10·8	8·1	1901 Dec. 25·0	1900·0	14 42 47·6	31 22 50·2	47 35 0·7
119 Althaea .	10·6	7·5	1898 Aug. 2·0	1900·0	314 33 34·0	168 35 13·5	203 49 19·0
120 Lachesis .	11·7	7·6	1897 Nov. 15·0	1900·0	202 19 20·3	238 31 18·5	342 37 18·6

No.	*i*	φ	μ	*log a*	Berechner	Jahr d. Entd.	Zahl der beob. Opp.
81	7° 55′ 0″·8	12° 11′ 52″·3	736″·4126	0·4552583	Maywald	1864	10
82	2 51 13·5	12 51 40·6	772·9356	0·4412422	W. Luther	1864	< 10
83	4 59 45·5	4 51 24·3	935·9122	0·3858476	E. Becker	1865	< 10
84	9 21 24·6	13 40 0·3	977·4411	0·3732774	P. Neugebauer	1865	< 10
85	11 53 51·6	11 10 33·7	821·0524	0·4237571	v. d. Groeben	1865	< 10
86	4 47 37·3	12 46 54·2	650·4530	0·4911938	v. d. Groeben	1866	< 10
87	10 53 1·0	5 26 44·5	545·3288	0·5422321	v. d. Groeben	1866	< 10
88	5 14 53·7	9 26 6·4	771·1774	0·4419015	Kowalczyk	1866	< 10
89	16 12 28·5	10 33 29·3	871·5645	0·4064714	Th. Wolff	1866	< 10
90	2 16 17·0	8 53 22·1	632·5389	0·4992796	Maywald	1866	< 10
91	2 8 21·7	6 5 9·2	851·5394	0·4132012	v. d. Groeben	1866	< 10
92	9 55 52·0	5 35 51·8	622·7897	0·5037768	Anderson	1867	< 10
93	8 35 23·4	8 1 55·7	775·6316	0·4402341	P. Lehmann	1867	< 10
94	8 4 14·0	4 44 18·3	630·6584	0·5001416	Leppig	1867	< 10
95	12 55 10·2	8 49 13·9	661·2229	0·4864391	Schur	1867	< 10
96	16 2 20·5	7 39 35·3	663·1502	0·4855965	Schulhof	1868	9
97	11 45 33·9	14 51 9·7	813·5778	0·4264050	Maywald	1868	< 10
98	15 33 54·4	10 50 24·7	805·3408	0·4293513	v. d. Groeben	1868	8
99	13 53 24	13 47 30	758·662	0·44664	Loewy, Tisserand	1868	1
100	6 23 10·8	9 31 58·5	653·5823	0·4898043	Stark	1868	< 10
101	10 10 28·2	8 1 10·2	854·8620	0·4120737	v. d. Groeben	1868	< 10
102	5 5 28·2	14 44 31·2	817·8380	0·4248929	C. H. F. Peters	1868	8
103	5 24 36·7	4 30 21·3	798·0990	0·4319669	Leveau	1868	< 10
104	2 52 51·5	8 32 48·6	632·5948	0·4992527	Berberich	1868	< 10
105	21 30 59·6	10 6 59·0	970·4600	0·3753527	A. Leman	1868	10
106	4 36 7·8	9 22 29·1	628·6504	0·5010650	Berberich	1868	< 10
107	9 51 44·3	3 56 39·0	544·1827	0·5428412	Matthiessen	1868	< 10
108	4 23 28·5	6 1 26·4	617·4171	0·5062849	Schulhof	1869	< 10
109	8 0 56·7	17 12 53·0	799·9088	0·4313108	v. d. Groeben	1869	9
110	5 59 43·0	4 37 36·1	785·9425	0·4364105	H. Oppenheim	1870	9
111	4 56 17·0	5 58 35·2	849·9712	0·4137349	Holetschek	1870	8
112	2 37 5·2	7 25 29·0	934·8048	0·3861905	Tietjen	1870	8
113	5 2 8·7	5 3 24·3	968·4850	0·3759425	W. Luther	1871	< 10
114	4 53 58·4	7 55 32·6	810·5220	0·4274945	Anton	1871	< 10
115	11 35 33·0	11 5 7·8	966·3219	0·3765898	Watson	1871	< 10
116	3 35 8·7	8 3 59·9	770·3736	0·442203	H. Oppenheim	1871	< 10
117	14 56 16·5	1 31 51·9	685·2178	0·4761187	Tietjen	1871	8
118	7 46 26·8	9 24 47·1	932·4602	0·3869176	Holetschek	1872	< 10
119	5 44 19·9	4 42 49·9	855·7364	0·4117777	Berberich	1872	< 10
120	7 0 12·0	3 30 1·0	645·4399	0·4934339	Plath	1872	< 10

Nummer und Name	m_0	g	Epoche und Osculation	Mittl. Aeq.	M	ω	☊
121 Hermione	11·2	6·6	1902 Febr. 3·0	1900·0	125° 16′ 52″·4	280° 14′ 16″·2	76° 41′ 56″·7
122 Gerda . .	11·5	7·2	1901 Aug. 7·0	1900·0	133 9 10·4	13 54 2·9	178 39 50·1
123 Brunhild .	11·8	8·5	1898 Juni 23·0	1900·0	210 35 25·0	122 14 47·2	308 29 36·1
124 Alkeste .	10·3	7·1	1890 Dec. 2·0	1900·0	180 26 7·9	58 14 55·4	188 28 29·7
125 Liberatrix	11·2	7·8	1897 Jan. 19·0	1900·0	202 46 5·6	104 32 50·8	169 28 0·9
126 Velleda .	11·5	8·8	1899 Dec. 15·0	1900·0	81 59 24·9	325 45 47·1	23 19 47·4
127 Johanna .	10·5	7·1	1890 Octob. 3·0	1900·0	251 23 46·9	90 26 1·5	31 45 41·1
128 Nemesis .	10·6	7·2	1897 Jan. 19·0	1900·0	144 20 2·3	300 33 17·2	76 37 27·9
129 Antigone .	10·3	6·6	1897 Jan. 19·0	1900·0	253 10 0·2	103 42 13·1	137 50 3·1
130 Elektra .	10·6	6·5	1898 Aug. 22·0	1900·0	337 5 55·3	233 45 56·0	146 8 24·2
131 Vala . .	12·2	9·5	1898 Dec. 20·0	1900·0	288 37 28·9	155 55 32·5	65 29 50·6
132 Aethra .	11·1	8·0	1895 Nov. 30·5	1900·0	330 47 37·2	252 15 8·1	260 2 56·6
133 Cyrene .	11·3	7·3	1898 Jan. 14·0	1900·0	280 4 53·4	283 57 53·9	321 17 10·0
134 Sophrosyne	11·1	8·1	1897 Juli 18·0	1900·0	235 51 37·8	81 26 4·1	346 19 4·3
135 Hertha .	10·5	7·8	1898 Octob. 1·0	1900·0	33 3 56·2	337 8 16·8	344 4 53·8
136 Austria .	11·2	8·9	1898 März 15·0	1900·0	211 14 20·2	130 29 0·4	186 12 30·0
137 Meliboea .	11·8	7·7	1898 Nov. 10·0	1900·0	80 12 0·8	105 36 1·8	203 39 7·8
138 Tolosa .	11·8	9·1	1896 Febr. 14·0	1900·0	190 23 49·0	258 2 25·2	54 46 47·0
139 Juewa . .	10·9	7·4	1898 Nov. 30·0	1900·0	299 0 11·9	162 8 46·4	2 24 42·8
140 Siwa . .	11·4	8·0	1898 Octob. 1·0	1900·0	173 35 23·3	193 10 59·4	107 7 8·1
141 Lumen .	11·4	8·2	1890 Aug. 24·0	1900·0	321 2 54·7	54 13 48·3	319 19 51·6
142 Polana .	12·2	9·5	1896 Dec. 10·0	1900·0	211 12 47·7	290 0 26·5	291 51 30·9
143 Adria . .	12·4	9·0	1891 Octob. 18·0	1900·0	160 45 41·3	248 47 54·2	333 46 15·4
144 Vibilia .	10·7	7·5	1888 Juli 18·0	1900·0	289 54 28·9	290 44 14·9	76 53 48·3
145 Adeona .	11·3	8·1	1898 Aug. 22·0	1900·0	240 12 41·7	40 32 42·2	77 47 51·1
146 Lucina .	11·1	7·7	1898 Aug. 2·0	1900·0	89 1 10·2	140 57 15·8	84 18 41·5
147 Protogeneia	12·5	8·4	1898 Sept. 11·0	1900·0	348 52 28·8	122 48 3·8	251 10 53·0
148 Gallia . .	11·0	7·5	1901 April 9·0	1900·0	154 35 46·7	250 52 40·1	145 10 53·4
149 Medusa .	12·9	11·0	1901 Dec. 5·0	1900·0	11 46 25·7	250 11 32·2	158 39 35·4
150 Nuwa . .	11·6	7·7	1893 März 1·0	1900·0	155 36 25·8	146 42 52·7	207 40 28·0
151 Abundantia	11·7	8·6	1896 Nov. 20·0	1900·0	255 13 12·2	131 0 0·9	38 54 32·6
152 Atala . .	12·2	8·1	1899 Jan. 29·0	1900·0	27 31 7·9	42 36 44·3	41 16 53·9
153 Hilda . .	12·6	7·3	1902 Febr. 23·0	1900·0	228 21 28·8	54 56 50·7	228 19 57·3
154 Bertha .	12·2	7·0	1901 April 29·0	1900·0	13 39 23·2	161 31 39·1	37 21 21·0
155 Scylla . .	13·5	9·8	1875 Nov. 8·5	1890·0	339 4 47	39 9 28	43 4 14
156 Xanthippe	11·9	7·9	1875 Nov. 27·5	1900·0	286 31 33·6	269 45 21·1	246 32 22·5
157 Dejanira .	14·7	11·6	1875 Dec. 27·5	1900·0	340 48 39·7	43 53 50·3	62 46 20·9
158 Koronis .	12·3	8·7	1898 Aug. 22·0	1900·0	278 50 53·8	138 47 33·9	280 59 33·3
159 Aemilia .	12·3	8·2	1897 Dec. 5·0	1900·0	324 40 17·3	331 52 26·4	135 4 8·9
160 Una . .	11·8	8·4	1897 Dec. 25·0	1900·0	33 30 8·8	46 47 11·5	9 16 50·3

No.	*i*	φ	μ	*log a*	Berechner	Jahr d. Entd.	Zahl des beob. Opp.
121	7° 34′ 48″·1	8° 0′ 12″·3	554·6578	0·5373210	Berberich	1872	< 10
122	1 36 33·4	2 59 56·1	615·7958	0·5070466	Lange	1872	< 10
123	6 25 24·3	7 1 21·7	802·5894	0·4303421	Berberich	1872	8
124	2 55 33·8	4 27 41·2	832·2976	0·4198186	Hall sen.	1872	< 10
125	4 38 1·7	4 29 45·0	780·9349	0·4382611	Lange	1872	7
126	2 56 23·6	6 3 49·4	931·5174	0·3872104	v. d. Groeben	1872	< 10
127	8 15 39·0	3 47 29·9	775·8987	0·4401344	Maywald	1872	10
128	6 15 7·7	7 13 52·8	778·9624	0·4389934	de Ball	1872	< 10
129	12 10 5·6	12 15 18·0	730·5585	0·4575677	Austin	1873	< 10
130	22 58 6·0	12 29 21·9	646·4298	0·4929901	Powalky	1873	< 10
131	4 57 45·6	3 51 52·5	935·8550	0·3858654	Berberich	1873	6
132	23 32 20·3	19 21 13·8	903·6882	0·3959920	W. Luther	1873	1
133	7 13 46·2	8 2 47·1	662·6045	0·4858348	v. d. Groeben	1873	< 10
134	11 36 9·5	6 43 11·6	864·4642	0·4088397	Maywald	1873	< 10
135	2 18 29·8	11 45 17·6	937·0637	0·3854917	Maywald	1874	< 10
136	9 33 16·6	4 52 0·8	1025·7532	0·3593092	H. Oppenheim	1874	7
137	13 21 11·9	12 46 22·0	645·4607	0·4934245	Lange	1874	< 10
138	3 13 19·7	9 16 35·8	924·9117	0·3892709	v. d. Groeben	1874	< 10
139	10 55 14·3	9 57 48·4	764·0768	0·4445797	Berberich	1874	8
140	3 11 31·2	12 31 19·9	786·6737	0·4361413	v. d. Groeben	1874	< 10
141	11 58 35·4	12 16 57·4	814·6615	0·4260196	Berberich	1875	7
142	2 14 26·9	7 44 10·6	943·5246	0·3835023	L. Becker	1875	10
143	11 30 8·9	4 8 20·2	773·3958	0·4410699	v. Haerdtl	1875	10
144	4 48 16·3	13 28 14·3	819·4849	0·4243104	Powalky	1875	9
145	12 41 9·8	8 24 20·6	812·2212	0·4268915	Tietjen	1875	7
146	13 5 8·8	3 39 14·6	791·4186	0·4344003	Berberich	1875	6
147	1 54 16·5	2 2 8·6	638·8069	0·4964247	L. Becker	1875	10
148	25 20 52·7	10 42 20·0	769·9569	0·4426942	L. Becker	1875	10
149	0 55 44·7	3 50 56·7	1106·4306	0·3373883	Lange	1875	3
150	2 8 22·3	7 20 7·3	689·2534	0·474418	H. Oppenheim	1875	7
151	6 28 11·9	2 9 0·7	850·8980	0·4134194	v. d. Groeben	1875	9
152	12 13 18·0	4 12 12·4	637·2942	0·4971111	Lange	1875	7
153	7 51 41·0	9 31 43·7	450·1177	0·5977869	Kühnert	1875	< 10
154	20 54 28·5	4 39 4·3	622·6360	0·5038483	Anton	1875	< 10
155	14 4 25	14 49 28	713·7875	0·464292	Schulhof	1875	1
156	7 28 34·7	15 17 23·2	670·230	0·482522	Schmidt	1875	1
157	12 2 7·9	12 8 59·6	854·8040	0·4120934	A. Leman	1875	1
158	0 59 59·3	3 17 38·9	730·4848	0·4575969	Maywald	1876	9
159	6 4 58·6	5 37 45·9	647·4107	0·492551	Berberich	1876	10
160	3 51 17·9	3 45 8·1	787·7290	0·435753	Neugebauer	1876	10

Nummer und Name	m_0	g	Epoche und Osculation	Mittl. Aeq.	M	ω	☊
161 Athor . .	11·0	8·4	1896 Dec. 30·0	1900·0	142° 39′ 1″·6	291° 48′ 21″·8	18° 40′ 42″·3
162 Laurentia .	12·3	8·4	1899 Sept. 6·0	1900·0	215 30 54·3	106 2 12·0	38 8 9·9
163 Erigone .	12·0	9·5	1901 Febr. 28·0	1900·0	35 14 52·7	295 2 27·8	160 9 31·2
164 Eva . .	11·5	8·3	1901 April 29·0	1900·0	229 38 33·8	281 47 25·2	77 36 11·2
165 Loreley .	11·1	7·0	1897 April 9·0	1900·0	290 21 20·7	342 30 31·3	304 2 38·3
166 Rhodope .	12·5	9·2	1897 Juni 8·0	1900·0	213 52 27·9	261 28 34·0	129 31 20·8
167 Urda . .	13·0	9·4	1898 Jan 14·0	1900·0	197 17 5·7	121 7 27·8	166 30 4·3
168 Sibylla .	11·6	7·1	1899 Mai 29·0	1900·0	218 22 50·2	174 27 5·8	209 14 59·7
169 Zelia . .	11·3	8·8	1890 Aug. 4·0	1900·0	328 1 8·3	332 10 48·0	354 49 46·7
170 Maria . .	11·7	8·7	1902 März 15·0	1900·0	81 35 51·4	155 41 38·1	301 23 23·6
171 Ophelia .	12·1	8·0	1897 Octob. 6·0	1900·0	236 0 17·5	50 25 52·0	100 57 12·2
172 Baucis .	10·4	7·8	1889 Juni 30·0	1900·0	316 43 41·4	356 48 38·4	332 3 2·5
173 Ino . .	11·0	7·6	1897 Jan. 19·0	1900·0	71 13 19·6	224 39 33·8	148 44 52·2
174 Phaedra .	11·6	8·0	1897 Octob. 6·0	1900·0	129 24 10·1	286 21 28·5	328 40 0·4
175 Andromache . .	12·3	8·0	1900 Sept. 1·0	1900·0	16 10 41·5	301 33 8·5	25 23 37·7
176 Iduna .	12·1	7·9	1902 Febr. 3·0	1900·0	94 59 7·9	182 36 38·8	201 0 5·4
177 Irma . .	12·4	9·0	1897 Jan. 19·0	1900·0	71 42 48·0	33 16 24·6	349 25 24·5
178 Belisana .	12·0	9·2	1902 Febr. 3·0	1900·0	237 15 36·7	212 31 7·4	50 55 56·0
179 Klytaemnestra . .	11·5	7·7	1897 Octob. 6·0	1900·0	14 32 37·3	100 30 36·1	253 11 54·0
180 Garumna .	13·3	9·9	1899 Nov. 5·0	1900·0	308 53 34·6	169 15 49·3	314 38 27·4
181 Eucharis .	11·5	7·4	1887 Octob. 19·0	1900·0	305 49 36·6	310 26 13·3	144 59 6·3
182 Elsa . .	11·0	8·3	1897 März 20·0	1900·0	102 51 45·1	308 14 46·6	106 40 11·0
183 Istria . .	12·6	9·1	1900 Dec. 10·0	1900·0	15 39 20·2	262 21 38·7	142 46 26·6
184 Dejopeia .	12·4	8·2	1901 März 20·0	1900·0	1 33 52·9	204 47 47·4	334 35 3·6
185 Eunike .	10·4	7·0	1889 Aug. 29·0	1900·0	328 8 9·8	221 35 39·2	153 54 58·7
186 Celuta .	11·4	8·9	1897 Aug. 27·0	1900·0	2 39 38·6	313 36 19·9	14 35 38·0
187 Lamberta .	11·4	8·0	1897 Aug. 27·0	1900·0	94 42 30·1	192 2 34·6	22 14 21·7
188 Menippe .	13·0	9·6	1897 Sept. 1·0	1897·0	23 1 52·2	66 37 4·1	241 45 5·2
189 Phthia . .	11·5	8·8	1900 Mai 24·0	1900·0	234 17 27·2	166 0 35·8	203 23 22·8
190 Ismene .	12·0	6·7	1901 Aug. 27·0	1900·0	263 5 50·5	286 16 4·1	176 56 8·4
191 Kolga . .	12·0	8·3	1897 Juli 18·0	1900·0	271 52 28·4	224 21 6·3	159 50 50·8
192 Nausikaa .	9·3	6·7	1888 Juli 25·0	1900·0	324 20 18·4	27 40 31·7	343 24 55·7
193 Ambrosia .	12·2	9·2	1879 März 25·5	1890·0	68 48 35·8	79 36 57·9	351 23 45·9
194 Prokne .	10·5	7·4	1899 Jan. 29·0	1900·0	130 9 24·2	160 37 14·6	159 20 49·2
195 Eurykleia .	12·3	8·6	1896 Nov. 20·0	1900·0	289 6 35·6	118 6 40·4	7 44 8·9
196 Philomela	10·3	6·3	1898 Nov. 10·0	1900·0	81 59 4·9	237 53 16·3	73 20 8·1
197 Arete . .	12·7	9·3	1900 Jan. 24·0	1900·0	134 40 9·5	243 28 16·7	82 2 18·3
198 Ampella .	11·1	8·3	1901 Jan. 19·0	1900·0	145 38 12·0	87 26 9·6	268 30 0·7
199 Byblis . .	12·4	8·2	1901 März 20·0	1900·0	304 17 40·0	172 9 38·0	89 43 20·3
200 Dynamene	11·0	7·6	1889 Dec. 27·0	1900·0	30 58 9·6	82 42 28·9	325 26 20·0

No.	*i*	φ	μ	*log a*	Berechner	Jahr d. Entd.	Zahl der beob. Opp.
161	9° 3′ 13″·4	7° 57′ 23″·4	967″·0645	0·3763675	Tietjen	1876	< 10
162	6 5 2·6	10 31 5·3	676·5719	0·4797951	Tietjen	1876	9
163	4 46 1·5	11 10 56·7	974·7193	0·3740846	Berberich	1876	4
164	24 24 25·5	20 19 21·4	831·1808	0·4202074	Richter	1876	10
165	11 12 2·0	3 54 10·6	641·1299	0·4953737	Samter	1876	9
166	12 1 58·2	12 13 13·9	806·7683	0·4288385	Richter	1876	6
167	2 10 50·3	1 59 3·7	736·5954	0·4551851	Lange	1876	8
168	4 36 10·3	4 21 54·0	571·6864	0·5285658	v. d. Groeben	1876	< 10
169	5 30 46·5	7 31 33·7	979·6462	0·3726249	Richter	1876	8
170	14 22 3·9	3 44 13·9	869·4892	0·4071616	Lange	1877	6
171	2 33 13·5	6 38 28·6	636·3859	0·4975241	Berberich	1877	10
172	10 2 6·0	6 32 18·8	965·9899	0·3766893	Berberich	1877	9
173	14 15 41·1	11 51 44·6	780·8006	0·4383110	Bečka	1877	< 10
174	12 6 28·6	8 23 43·8	734·0156	0·456201	H. Oppenheim	1877	9
175	3 10 38·9	11 7 42·9	612·2868	0·508701	Berberich	1877	9
176	22 41 10·4	10 2 21·3	626·2160	0·5021883	P. Neugebauer	1877	< 10
177	1 26 50·6	13 32 58·0	768·8406	0·4427802	Richter	1877	7
178	1 54 29·1	2 28 7·5	918·3646	0·3913276	Berberich	1877	8
179	7 47 53·7	6 37 0·0	692·8578	0·472908	H. Oppenheim	1877	8
180	0 53 37·2	9 46 17·7	790·4612	0·4347501	v. d. Groeben	1878	5
181	18 35 27·7	12 40 26·5	643·5438	0·4942856	de Ball	1878	< 10
182	2 10 10·9	10 50 51·9	944·5132	0·3831990	Samter	1878	9
183	26 26 3·5	20 27 8·2	760·4634	0·4459522	Petrelius	1878	5
184	1 11 19·6	3 23 9·9	622·6844	0·5038304	Thraen	1878	< 10
185	23 14 23·2	7 11 6·0	782·8646	0·4375466	v. d. Groeben	1878	9
186	13 11 7·2	8 41 21·3	977·5884	0·3732337	Tietjen	1878	6
187	10 41 20·6	13 36 43·5	785·6152	0·4365311	A. Leman	1878	7
188	11 44 38·6	10 15 28·9	792·712	0·441326	Coniel	1878	2
189	5 8 58·3	2 4 18·4	924·2246	0·3894861	H. Oppenheim	1878	< 10
190	6 8 23·2	9 35 35·0	455·1910	0·5945419	Köstner	1878	< 10
191	11 29 30·2	5 13 5·0	720·0541	0·4617609	L. Becker	1878	7
192	6 51 36·0	14 9 22·7	952·4502	0·3807762	Lange	1879	< 10
193	11 38 37·1	16 34 52·0	858·2960	0·410913	A. Leman	1879	1
194	18 25 9·5	13 50 55·7	839·1447	0·4174465	Tietjen	1879	7
195	7 0 5·6	2 25 31·5	727·0472	0·4589627	v. d. Groeben	1879	8
196	7 16 57·8	1 10 59·6	645·2604	0·4935145	Tietjen	1879	< 10
197	8 49 20·6	9 22 12·5	782·6498	0·4376327	v. d. Groeben	1879	6
198	9 18 55·2	13 6 24·6	920·1134	0·3907768	v. d. Groeben	1879	9
199	15 25 6·0	10 18 14·4	629·8661	0·5005057	Tietjen	1879	7
200	6 54 42·4	7 42 34·1	783·2093	0·4374192	v. d. Groeben	1879	8

Nummer und Name	m_0	g	Epoche und Osculation	Mittl. Aeq.	M	ω	☊
201 Penelope .	11·9	8·6	1897 Nov. 15·0	1900·0	53° 1′ 14″·6	177° 43′ 7″·9	157° 9′ 13″·8
202 Chryseis .	10·7	6·7	1896 Nov. 20·0	1900·0	296 12 57·2	355 17 6·8	137 46 20·6
203 Pompeja .	11·7	8·3	1899 Jan. 9·0	1900·0	65 39 8·5	53 45 40·9	348 38 9·2
204 Kallisto .	12·0	8·7	1888 Nov. 2·0	1900·0	140 55 19·4	51 16 43·4	205 53 55·1
205 Martha .	12·7	9·2	1886 Febr. 26·0	1900·0	139 40 10·2	172 8 57·2	212 26 1·6
206 Hersilia .	12·0	8·6	1887 Juni 21·0	1900·0	184 57 36·2	300 24 1·3	145 25 45·0
207 Hedda .	11·8	9·5	1898 Febr. 3·0	1900·0	280 15 16·2	190 38 9·4	28 58 10·3
208 Lacrimosa	12·1	8·4	1899 Nov. 25·0	1900·0	315 23 43·1	105 47 29·6	5 17 34·0
209 Dido . .	11·6	7·5	1897 Dec. 25·0	1900·0	222 33 3·9	249 37 7·2	2 0 10·2
210 Isabella .	12·5	9·1	1897 Octob. 26·0	1900·0	358 48 23·3	10 17 7·0	33 3 14·5
211 Isolda . .	11·5	7·5	1895 Nov. 26·0	1900·0	1 10 4·0	170 42 54·3	265 19 9·6
212 Medea .	12·2	8·1	1899 Juli 28·0	1900·0	276 2 57·4	101 16 47·5	315 6 54·5
213 Lilaea . .	11·7	8·3	1898 Febr. 23·0	1900·0	229 20 37·9	158 34 56·7	122 28 12·8
214 Aschera .	12·1	9·0	1897 April 9·0	1900·0	71 25 59·3	128 5 59·2	342 32 52·4
215 Oenone .	12·8	9·4	1891 Nov. 7·0	1890·0	55 44 10·3	314 3 11·3	25 14 14·4
216 Kleopatra	10·1	6·6	1886 Juni 26·0	1900·0	277 9 56·8	176 12 8·3	216 0 17·8
217 Eudora .	13·1	9·5	1900 Dec. 10·0	1900·0	75 4 1·8	150 32 40·3	164 1 10·0
218 Bianca .	11·3	8·1	1889 Octob. 8·0	1900·0	134 31 18·9	59 2 8·1	171 2 56·0
219 Thusnelda	11·2	8·8	1889 Jan. 21·0	1900·0	130 33 20·7	140 3 56·2	200 56 29·1
220 Stephania	13·6	11·0	1887 Jan. 0·5	1881·0	131 12 41·6	75 9 17·1	258 26 26·6
221 Eos . .	11·2	7·3	1889 Juni 30·0	1900·0	322 54 24·2	187 21 38·9	142 39 44·3
222 Lucia . .	12·9	8·8	1898 Jan. 14·0	1900·0	225 34 56·4	175 50 37·7	80 22 0·5
223 Rosa . .	13·3	9·2	1891 Dec. 17·0	1900·0	333 11 14·5	58 36 24·6	48 42 6·0
224 Oceana .	11·7	8·5	1890 Febr. 5·0	1900·0	225 24 48·8	276 55 27·3	353 31 34·5
225 Henrietta.	12·7	8·2	1897 Dec. 5·0	1900·0	107 58 34·0	97 59 44·8	200 48 28·8
226 Weringia .	13·0	9·7	1891 Aug. 19·0	1900·0	30 52 14·2	150 8 35·2	135 30 54·5
227 Philosophia	12·9	8·7	1896 Dec. 10·0	1900·0	283 51 33·6	254 29 54·3	331 1 10·1
228 Agathe .	14·5	12·4	1892 Nov. 21·5	1900·0	49 45 10·8	16 3 45·6	313 35 24·5
229 Adelinde .	13·5	8·9	1900 Juni 13·0	1900·0	295 35 57·4	302 32 27·5	30 51 0·6
230 Athamantis	10·3	7·7	1897 Octob. 26·0	1900·0	11 22 17·7	137 13 14·1	239 44 27·5
231 Vindobona	12·4	8·6	1898 Nov. 10·0	1900·0	164 53 38·2	263 38 47·9	352 16 1·4
232 Russia .	13·4	10·4	1898 Dec. 20·0	1900·0	278 44 40·1	48 16 14·3	152 27 53·4
233 Asterope .	11·3	8·1	1897 Aug. 27·0	1900·0	353 18 46·2	122 36 1·0	222 31 21·5
234 Barbara .	11·7	9·1	1898 Octob. 21·0	1900·0	33 57 10·0	190 6 49·6	144 16 54·2
235 Carolina .	12·2	8·5	1897 Sept. 16·0	1900·0	73 32 29·3	207 24 1·2	66 34 7·6
236 Honoria .	11·4	7·9	1890 Aug. 20·5	1900·0	341 11 56·1	170 30 28·5	186 40 30·6
237 Coelestina	12·8	9·4	1897 März 20·0	1900·0	258 3 0·9	196 24 10·8	84 36 28·9
238 Hypatia .	11·7	8·0	1900 Dec. 10·0	1900·0	54 48 11·3	206 58 38·6	184 21 40·0
239 Adrastea .	14·2	10·4	1900 Dec. 10·0	1900·0	26 23 7·3	206 1 5·4	181 31 27·9
240 Vanadis .	12·5	9·3	1901 Juli 18·0	1900·0	262 20 44·1	298 15 16·1	114 49 1·0

No.	*i*	φ	μ	*log a*	Berechner	Jahr d. Entd.	Zahl der beob. Opp.
201	5° 43′ 19″·3	10° 25′ 29″·0	809″·8341	0·4277403	Richter	1879	9
202	8 49 30·7	5 51 45·4	659·4551	0·4872142	Berberich	1879	9
203	3 12 15·3	3 28 23·6	783·8637	0·4371774	Berberich	1879	7
204	8 17 7·5	9 51 34·4	812·2343	0·4268835	Palisa	1879	9
205	10 39 57·5	1 54 54·4	765·9190	0·4438825	Küstner	1879	6
206	3 45 29·5	2 19 59·5	782·3554	0·437735	Stechert	1879	6
207	3 48 59·9	1 39 3·3	1027·9888	0·3586788	Richter	1879	8
208	1 47 10·4	0 54 11·9	721·0639	0·4613553	Berberich	1879	7
209	7 14 28·1	3 46 48·0	636·9545	0·4972654	v. d. Groeben	1879	8
210	5 18 7·1	7 6 30·8	790·0977	0·4348838	Berberich	1879	7
211	3 52 0·4	9 15 38·7	668·6041	0·4832250	v. d. Groeben	1879	8
212	4 16 51·0	6 40 42·2	647·3973	0·4925571	L. Becker	1880	9
213	6 46 30·6	8 19 49·1	777·0010	0·4397237	A Lemann	1880	6
214	3 27 33·7	1 55 49·3	840·5265	0·4169701	Tietjen	1880	7
215	1 43 15·1	2 1 15·8	771.4078	0·4418151	v. d. Groeben	1880	9
216	13 2 25·9	14 31 20·7	759·7703	0·4462182	Knopf	1880	9
217	10 15 35·6	17 38 25·1	727·0438	0·4589640	Richter	1880	3
218	15 12 16·9	6 40 5·1	815·0438	0·4258837	v. d. Groeben	1880	8
219	10 47 21·0	12 54 38·9	982·2924	0·3718439	Darmer	1880	7
220	7 34 15·0	14 53 43·7	984·634	0·371154	Bidschof	1881	1
221	10 51 15·2	5 50 34·9	678·2597	0·4790737	v. d. Groeben	1882	6
222	2 10 46·6	8 27 39·8	641·7676	0·4950859	Berberich	1882	6
223	1 58 42·6	6 57 1·2	652·9374	0·4900900	v. d. Groeben	1882	6
224	5 52 23·2	2 25 51·0	824·6755	0·4224824	S. Oppenheim	1882	10
225	20 41 16·4	15 14 24·6	566·6635	0·531121	Cerulli	1882	9
226	15 49 34·2	11 43 4·3	793·2109	0·433745	Kreutz	1882	< 10
227	9 14 55·8	12 2 39·9	637·0300	0·4972311	Lange	1882	5
228	2 33 18·0	13 55 0·2	1086·2400	0·3427205	Kreutz	1882	3
229	2 9 20·9	8 16 3·0	560·7202	0·5341736	Berberich	1882	7
230	9 25 13·5	3 32 52·8	964·9093	0·3770134	Richter	1882	7
231	5 8 13·8	8 56 36·2	711·1049	0·4653820	Lange	1882	7
232	6 4 17·7	9 52 51·0	869·2983	0·4072251	v. d. Groeben	1883	4
233	7 39 7·6	5 49 43·8	817·9445	0·4248552	Knopf	1883	6
234	15 21 18·3	14 7 1·5	962·6609	0·3776889	Tietjen	1883	8
235	9 4 1·8	3 31 18·9	725·2712	0·4596708	Tietjen	1883	8
236	7 36 53·0	10 54 45·4	758·1024	0·446853	Bidschof	1884	6
237	9 45 48·8	4 1 30·3	771·8775	0·4416388	Schwarz	1884	7
238	12 23 26·4	5 10 16·7	715·8679	0·4634491	Berberich	1884	8
239	6 9 5·6	13 26 23·1	693·1194	0·4727991	Berberich	1884	5
240	2 5 54·9	11 54 37·5	814·7558	0·4259861	Berberich	1884	7

Nummer und Name	m_0	g	Epoche und Osculation	Mittl. Aeq.	M			ω			☊		
241 Germania .	11·2	7·2	1901 Dec. 25·0	1900·0	99°	10′	12″·0	73°	20′	31″·7	271°	58′	55″·6
242 Kriemhild	12·6	9·0	1889 Dec. 27·0	1900·0	307	49	54·4	274	28	30·0	208	7	41·0
243 Ida . . .	13·3	9·7	1901 März 20·0	1900·0	104	49	36·5	104	16	32·3	326	2	18·0
244 Sita . .	13·7	11·7	1900 Octob. 11·0	1900·0	6	53	37·6	164	28	34·6	208	39	16·0
245 Vera . .	12·5	8·5	1897 März 20·0	1900·0	141	1	15·6	326	19	24·6	62	1	46·7
246 Asporina .	11·7	8·4	1890 Jan. 16·0	1900·0	316	40	26·7	94	5	3·7	162	45	44·0
247 Eukrate .	11·0	7·6	1901 Sept. 26·0	1900·0	326	29	40·8	53	46	21·9	0	13	59·1
248 Lameia .	13·0	10·2	1901 Aug. 27·0	1900·0	65	40	25·3	1	34	55·9	246	37	48·6
249 Ilse . .	13·6	11·1	1900 Octob. 31·0	1900·0	20	18	47·9	39	53	36·2	334	41	56·1
250 Bettina .	11·7	7·6	1897 Nov. 15·0	1900·0	332	5	23·0	65	59	32·9	25	37	2·6
251 Sophia .	13·6	9·6	1900 Juni 13·0	1900·0	177	35	1·4	287	26	13·7	156	54	32·8
252 Clementina	13·0	8·8	1899 Febr. 18·0	1900·0	162	38	19·3	149	8	56·6	203	14	23·2
253 Mathilde .	13·4	10·2	1901 April 9·0	1900·0	256	52	2·1	153	38	22·3	180	0	57·3
254 Augusta .	13·4	11·3	1887 Juli 31·0	1900·0	101	27	54·0	230	48	36·7	28	20	51·6
255 Oppavia .	13·8	10·4	1889 März 2·0	1900·0	267	18	9·8	149	8	2·5	14	13	57·4
256 Walburga	13·2	9·3	1901 Jan. 19·0	1900·0	270	52	48·2	43	29	43·1	183	37	31·9
257 Silesia .	12·8	8·7	1900 Dec. 10·0	1900·0	20	15	5·9	25	40	8·1	35	25	59·6
258 Tyche . .	11·1	8·0	1899 Mai 29·0	1899·0	267	50	31·4	152	40	29·2	207	44	4·1
259 Aletheia .	12·1	8·0	1899 Nov. 25·0	1900·0	162	11	23·4	156	52	8·4	88	29	6·3
260 Huberta .	13·9	9·2	1900 Dec. 10·0	1900·0	92	3	1·9	163	58	1·2	167	55	34·1
261 Prymno .	11·9	9·4	1897 Nov. 15·0	1900·0	275	46	18·1	63	6	35·9	96	20	56·7
262 Valda . .	14·1	11·1	1901 Mai 19·0	1900·0	189	4	51·8	22	36	32·0	38	36	44·8
263 Dresda .	13·3	9·6	1900 Aug. 12·0	1900·0	309	25	24·3	157	46	54·0	217	38	21·7
264 Libussa .	12·1	8·6	1894 Juni 4·0	1900·0	224	30	49·9	336	35	29·0	50	4	47·6
265 Anna . .	13·8	11·1	1900 Octob. 31·0	1900·0	182	22	25·0	251	8	21·0	335	24	12·9
266 Aline . .	11·7	8·2	1901 Mai 19·0	1900·0	224	19	6·2	147	51	38·3	236	26	24·2
267 Tirza . .	14·0	10·5	1901 Juni 28·0	1900·0	4	14	46·5	193	22	8·4	74	3	41·2
268 Adorea .	12·5	8·5	1900 Nov. 20·0	1900·0	234	28	3·6	58	52	53·9	121	46	12·8
269 Justitia .	12·7	9·6	1900 Octob. 31·0	1900·0	91	35	3·3	115	30	59·1	157	29	1·3
270 Anahita .	11·0	8·9	1900 Sept. 21·0	1900·0	25	13	57·0	78	4	44·7	254	30	21·7
271 Penthesilea	12·8	8·9	1900 Febr. 13·0	1900·0	128	29	24·5	50	13	36·7	337	5	18·0
272 Antonia .	13·6	10·1	1899 Juli 28·0	1900·0	208	59	58·9	65	31	30·6	37	43	34·9
273 Atropos .	11·6	9·0	1888 März 9·5	1900·0	261	20	1·8	118	28	18·0	158	58	44·0
274 Philagoria	13·6	9·6	1900 Aug. 12·0	1900·0	106	45	53·9	114	45	34·4	93	42	3·2
275 Sapientia .	12·0	8·5	1900 Nov. 20·0	1900·0	285	15	54·4	31	7	17·7	134	47	37·7
276 Adelheid .	11·2	7·7	1899 Mai 9·0	1900·0	82	21	36·0	273	54	6·3	211	31	43·1
277 Elvira . .	13·1	9·4	1900 Dec. 10·0	1900·0	57	10	41·0	132	53	56·6	233	10	17·3
278 Paulina .	12·7	9·3	1901 Febr. 28·0	1900·0	321	2	31·5	135	45	13·7	62	31	2·5
279 Thule . .	13·8	8·1	1891 Febr. 20·0	1900·0	155	36	48·8	233	20	26·5	75	32	38·2
280 Philia . .	14·4	10·6	1900 Febr. 13·0	1900·0	39	45	20·2	80	58	14·5	11	17	5·6

No.	i	φ	μ	log a	Berechner	Jahr d. Entd.	Zahl der beob. Opp.
241	5° 30′ 43″·3	5° 27′ 52″·6	665″·2697	0·4846726	W. Luther	1884	< 10
242	11 16 55·9	7 5 15·3	732·9031	0·4566401	Herz	1884	7
243	1 9 19·8	2 41 52·1	733·5335	0·4563911	Berberich	1884	6
244	2 49 41·0	7 52 37·8	1106·6376	0·3373341	Berberich	1884	5
245	5 11 18·2	11 37 34·2	651·4943	0·4907307	Tietjen	1885	6
246	15 37 40·4	6 2 43·0	802·267	0·4304584	Seydler	1885	7
247	25 4 17·8	13 55 3·6	781·7726	0·4379507	W. Luther	1885	8
248	4 0 56·5	3 43 58·7	913·6905	0·3928050	Berberich	1885	7
249	9 40 8·4	12 26 51·9	967·7510	0·3761620	Berberich	1885	4
250	12 56 21·1	7 1 48·1	633·7875	0·4987086	Mönnich-meyer	1885	7
251	10 28 30·6	5 31 47·2	648·5081	0·4920608	Knopf	1885	4
252	10 1 12·8	4 27 58·2	633·3155	0·4989244	Charlois	1885	5
253	6 38 21·2	15 28 16·9	824·9747	0·4223773	Knopf	1885	6
254	4 31 59·3	6 58 7·6	1091·0836	0·3414323	Schwarz	1886	4
255	9 30 38·6	4 40 24·1	780·0705	0·4385818	Laves	1886	3
256	13 18 0·1	3 29 47·3	682·4413	0·4772942	Berberich	1886	5
257	3 40 5·4	7 17 44·6	646·2769	0·4930586	Berberich	1886	4
258	14 14 46·5	11 48 8·5	838·4573	0·4176838	Stechert	1886	< 10
259	10 42 44·1	6 20 43·1	635·21397	0·4980577	Ernst	1886	6
260	6 17 58·0	7 7 16·5	554·7196	0·5372887	v. d. Groeben	1886	3
261	3 38 28·8	5 9 55·6	996·7804	0·367605	v. d. Groeben	1886	7
262	7 44 1·3	12 14 5·8	869·5200	0·4071513	Berberich	1886	5
263	1 16 57·4	4 19 24·9	723·1695	0·4605110	v. d. Groeben	1886	5
264	10 26 47·9	7 45 36·5	757·4897	0·447087	Cerulli	1886	9
265	25 42 41·6	15 12 6·3	941·0582	0·384260	Berberich	1887	3
266	13 21 57·3	9 7 37·1	755·7966	0·4477344	Berberich	1887	5
267	6 1 25·4	5 46 49·5	767·3626	0·4433373	v. d. Groeben	1887	4
268	2 25 21·8	7 47 52·2	651·9940	0·4905087	Berberich	1887	5
269	5 25 53·7	12 18 39·7	838·9442	0·4175157	Berberich	1887	5
270	2 21 42·1	8 36 56·8	1088·6797	0·3420710	Berberich	1887	5
271	3 34 39·1	5 56 35·1	681·3226	0·4777693	Knopf	1887	3
272	4 28 27·5	1 46 56·3	767·2554	0·4433777	Charlois	1888	3
273	20 24 5·4	9 19 0·4	955·4037	0·379880	Lange	1888	4
274	3 40 49·2	7 10 39·3	669·5636	0·482810	Berberich	1888	3
275	4 44 45·9	9 26 50·3	769·4942	0·4425342	Lange	1888	5
276	21 36 23·1	3 55 49·0	644·0120	0·4940751	Hackenberg	1888	6
277	1 7 49·6	5 8 14·7	723·5294	0·4603670	Berberich	1888	5
278	7 49 9·6	7 34 10·1	775·6355	0·4402326	Berberich	1888	5
279	2 22 34·9	4 43 14·2	403·1860	0·629667	Bidschof	1888	8
280	7 27 26·0	6 19 13·9	703·8816	0·4683380	Berberich	1888	2

Nummer und Name	m_0	g	Epoche und Osculation	Mitil. Aeq.	M	ω	Ω
281 Lucretia .	13·6	11·5	1888 Nov. 2·5	1900·0	353° 48′ 12″·3	14° 13′ 10″·2	31° 10′ 9″·0
282 Clorinde .	13·3	10·8	1901 Juni 28·0	1900·0	218 52 39·5	294 15 35·9	144 39 58·5
283 Emma .	11·8	7·8	1901 Mai 19·0	1900·0	249 24 18·8	49 52 48·5	305 42 27·8
284 Amalia .	12·9	10·4	1901 Dec. 5·0	1900·0	126 5 38·5	55 32 55·5	233 55 36·9
285 Regina .	14·9	10·9	1889 Aug. 19·5	1900·0	357 36 27·2	12 29 9·3	312 10 29·6
286 Iclea . .	13·2	9·0	1901 Octob. 6·0	1900·0	345 37 47·4	238 28 45·5	149 31 55·4
287 Nephthys.	10·7	8·2	1899 April 19·0	1900·0	311 52 37·9	117 32 24·7	142 5 45·7
288 Glauke .	12·5	9·1	1901 Octob. 6·0	1901·0	158 10 11·0	80 32 34·7	120 59 8·1
289 Nenetta .	12·5	8·8	1900 März 5·0	1900·0	146 2 33·0	185 33 23·0	182 36 11·3
290 Bruna . .	13·9	11·5	1890 Mai 7·5	1900·0	56 49 22·1	103 32 37·8	10 27 0·1
291 Alice . .	13·6	11·4	1901 Sept. 16·0	1900·0	232 29 2·6	330 3 51·4	161 0 55·7
292 Ludovica .	12·5	9·5	1900 Dec. 10·0	1900·0	117 34 23·4	287 59 22·2	43 5 34·6
293 Brasilia .	12·9	9·2	1890 Juni 17·5	1900·0	92 28 41·4	82 22 8·5	62 12 47·0
294 Felicia .	14·3	10·2	1901 Aug. 7·0	1900·0	353 3 17·9	179 27 47·6	136 55 41·7
295 Theresia .	13·5	10·0	1900 Dec. 10·0	1900·0	8 35 38·2	143 50 29·2	277 24 13·4
296 Phaëtusa .	13·3	11·1	1890 Aug. 22·0	1900·0	330 33 11·7	250 2 1·2	120 55 34·0
297 Caecilia .	13·3	9·1	1901 Juni 28·0	1900·0	345 29 27·8	346 17 57·3	333 27 24·4
298 Baptistina	13·5	11·3	1900 Sept. 1·0	1900·0	202 6 1·5	132 23 30·7	8 0 22·3
299 Thora . .	14·5	11·7	1892 März 6·0	1900·0	131 22 30·1	148 18 8·5	241 49 46·6
300 Geraldina	13·9	9·6	1895 Juli 9·0	1900·0	336 44 54·3	282 58 45·2	42 17 25·3
301 Bavaria .	12·7	9·3	1901 Jan. 19·0	1900·0	236 40 21·8	121 0 54·1	142 37 50·9
302 Clarissa .	13·9	11·2	1897 Febr. 8·0	1900·0	208 29 34·2	52 13 39·2	7 53 16·2
303 Josephina	11·9	7·7	1900 Octob. 11·5	1900·0	349 33 16·3	72 31 33·5	345 15 4·3
304 Olga . .	12·4	9·7	1900 Sept. 21·0	1900·0	34 56 26·5	169 48 6·2	158 47 27·9
305 Gordonia.	12·5	8·4	1900 Octob. 11·0	1900·0	310 27 46·5	251 2 32·9	211 2 22·8
306 Unitas. .	10·7	8·2	1900 Dec. 30·5	1900·0	120 41 54·6	165 26 22·7	141 35 45·6
307 Nike . .	13·1	9·4	1891 März 8·5	1900·0	74 34 39·6	320 15 5·6	101 39 16·0
308 Polyxo .	11·0	7·6	1901 Juli 18·0	1900·0	353 17 28·5	109 32 8·5	182 3 23·7
309 Fraternitas	12·7	9·5	1891 Mai 11·5	1900·0	239 5 58·0	332 8 11·1	357 59 42·1
310 Margarita.	13·5	10·1	1891 Juni 17·5	1900·0	48 49 25·4	320 42 21·0	230 33 51·3
311 Claudia .	13·0	9·3	1895 März 11·0	1900·0	37 0 15·1	54 55 29·3	81 7 5·7
312 Pierretta .	12·5	9·0	1901 Nov. 15·0	1900·0	149 15 57·6	256 32 39·2	7 32 24·1
313 Chaldaea .	10·3	7·7	1901 Juni 8·0	1900·0	105 8 31·9	313 17 33·8	176 40 32·2
314 Rosalia .	14·0	9·9	1891 Dec. 3·5	1900·0	17 47 52·5	185 35 52·8	171 21 31·7
315 Constantia	14·0	11·8	1891 Sept. 4·5	1900·0	9 27 44·6	171 22 17·8	161 14 14·6
316 Goberta .	13·3	9·1	1893 Jan. 0·0	1900·0	11 29 4·9	307 28 10·6	124 32 14·0
317 Roxane .	12·2	9·8	1901 Juni 28·0	1900·0	299 4 56·8	184 57 28·0	150 44 14·2
318 Magdalena	13·2	9·0	1899 Jan. 9·0	1900·0	0 5 58·5	273 32 45·8	162 52 3·9
319 Leona . .	14·2	9·7	1900 März 25·0	1900·0	101 27 1·7	218 17 42·0	189 2 49·7
320 Katharina	14·2	10·3	1891 Dec. 2·5	1900·0	23 36 28·6	142 54 36·1	221 3 52·6

No.	*i*	φ	μ	*log a*	Berechner	Jahr d Entd.	Zahl der beob. Opp.
281	5° 19′ 33″·9	7° 34′ 24″·3	1098″·5312	0·3394628	Berberich	1888	2
282	9 1 15·2	4 37 8·4	991·1276	0·3692514	Berberich	1889	5
283	8 2 26·7	8 46 12·1	668·5906	0·483231	Berberich	1889	6
284	8 3 56·4	12 47 16·8	979·2819	0·3727325	Berberich	1889	4
285	17 16 54·4	11 55 35·4	661·4827	0·4863254	Charlois	1889	1
286	17 53 53·9	0 43 16·5	621·4852	0·5043838	Berberich	1889	4
287	10 1 24·1	1 19 35·4	982·6631	9·371735	Cerulli	1889	9
288	4 19 58·7	11 56 38·7	774·7296	0·4405709	R. Luther	1890	9
289	6 39 25·5	11 54 3·1	729·0809	0·4581539	Berberich	1890	2
290	22 13 23·6	15 4 22·7	995·1925	0·368066	S. Oppenheim	1890	1
291	1 50 37·0	5 21 59·6	1071·5861	0·3466530	Berberich	1890	4
292	14 52 9·0	1 37 40·9	881·0986	0·4033213	Berberich	1890	4
293	15 45 19·2	6 48 2·9	730·8370	0·4574574	Charlois	1890	1
294	6 15 1·5	14 21 59·6	638·4006	0·496609	P. V. Neugebauer	1890	2
295	2 40 22·2	9 49 31·5	758·6107	0·4466584	Berberich	1890	6
296	1 44 50·1	9 6 25·9	1068·122	0·3475906	Coniel	1890	1
297	7 34 45·1	8 4 51·7	629·7089	0·5005779	Berberich	1890	3
298	6 17 46·6	5 33 40·8	1042·0276	0·3547517	Berberich	1890	3
299	1 35 18·9	3 29 56·6	934·3006	0·386346	Berberich	1890	2
300	0 47 2·3	2 26 41·4	617·2655	0·5063564	Rodin	1890	3
301	4 52 41·1	3 36 1·4	788·4820	0·4354765	Berbérich	1890	5
302	3 26 12·4	6 26 28·4	950·0992	0·3814918	Berberich	1890	2
303	6 54 49·2	3 54 24·0	643·4679	0·4943198	Millosevich	1891	7
304	15 47 19·6	12 47 10·7	952·3591	0·3808039	Berberibh	1891	4
305	4 25 0·1	11 31 26·6	654·1090	0·4895710	Berberich	1891	3
306	7 15 13·1	8 39 47·4	979·7942	0·3725813	Millosevich	1891	7
307	6 6 55·5	8 22 32·2	716·1102	0·4633512	Capon	1891	2
308	4 19 38·1	2 16 10·2	777·3977	0·4395756	Berberich	1891	6
309	3 56 13·6	5 1 56·0	831·679	0·420034	Berberich	1891	1
310	3 5 57·8	6 31 55·2	775·6563	0·440225	Berberich	1891	1
311	3 15 57·0	0 43 21·9	720·425	0·461612	Berberich	1891	3
312	9 4 58·6	9 13 39·5	765·2695	0·444128	P. V. Neugebauer	1891	3
313	11 35 4·4	10 21 11·1	968·1432	0·3760147	Berberich	1891	8
314	12 33 36·4	10 48 58·3	635·8075	0·497787	Berberich	1891	2
315	2 24 35·4	9 40 17·9	1057·2646	0·3505486	Bohlin	1891	1
316	2 18 36·5	7 57 58·6	627·7382	0·501585	Berberich	1891	1
317	1 45 19·0	4 53 7·5	1025·8164	0·3592913	Berberich	1891	5
318	10 31 43·4	3 58 52·5	618·1074	0·505962	Mader	1891	4
319	10 43 18·7	12 37 2·6	563·3336	0·5328273	Berberich	1891	1
320	9 19 19·2	6 41 30·5	678·726	0·478875	Berberich	1891	1

Nummer und Name	m_0	g	Epoche und Osculation	Mittl. Aeq.	M	ω	Ω
321 Florentina	13·2	9·5	1900 Aug. 12·0	1900·0	248° 16′ 46″·3	33° 19′ 27″·1	40° 41′ 17″·9
322 Phaeo . .	12·3	8·8	1900 Octob 31·0	1900·0	8 26 52·5	111 23 11·7	253 41 17·8
323 Brucia .	13·0	11·0	1892 Jan. 1·5	1891·0	43 0 42	292 17 48	97 2 30
324 Bamberga	9·9	6·6	1901 März 20·0	1900·0	142 0 59·7	40 21 19·9	329 0 4·8
325 Heidelberga	12·4	8·1	1900 Juli 23·0	1900·0	253 58 50·1	74 13 0·2	345 16 17·6
326 Tamara .	11·1	8·7	1892 März 20·0	1900·0	298 49 14·0	236 57 27·0	32 0 53·7
327 Columbia.	13·0	9·5	1892 Juni 17·5	1900·0	277 51 46·7	301 24 49·3	355 31 43·7
328 Gudrun .	12·3	8·2	1901 Nov. 15·0	1900·0	344 17 58·7	102 39 49·7	353 8 36·5
329 Svea . .	12·1	9·3	1900 April 14·0	1900·0	351 50 59·3	39 59 14·8	178 23 29·0
330 Adalberta.	13·5	11·7	1892 März 20·5	1892·0	181 3 42	— — —	358 46 36
331 Etheridgea	12·5	8·5	1901 Jan. 19·0	1900·0	101 7 9·5	334 54 6·1	22 51 51·8
332 Siri . .	12·6	9·1	1901 Febr. 28·0	1900·0	188 54 13·4	295 41 6·6	31 57 11·9
333 Badenia .	12·7	8·6	1901 April 9·0	1900·0	180 13 39·0	15 11 39·7	355 16 19·6
334 Chicago .	12·0	6·8	1897 März 11·5	1900·0	185 10 37·3	234 36 57·3	134 18 23·6
335 Roberta .	11·6	8·8	1900 Octob. 31·0	1900·0	79 15 59·4	140 34 48·0	147 53 19·4
336 Lacadiera	11·8	9·6	1901 Jan. 19·0	1900·0	258 11 11·0	28 54 27·8	234 53 42·8
337 Devosa .	11·4	8·8	1901 Jan. 19·0	1900·0	27 7 6·0	95 40 15·9	355 32 57·4
338 Budrosa .	12·1	8·4	1899 Jan. 9·0	1900·0	72 15 37·1	106 31 43·7	288 30 53·0
339 Dorothea.	12·8	8·8	1901 Mai 19·0	1900·0	266 11 53·1	156 31 3·2	174 24 4·4
340 Eduarda .	12·9	9·5	1901 Sept. 16·0	1900·0	300 11 16·0	39 29 28·7	27 28 12·1
341 California	13·1	11·0	1893 Juni 29·0	1900·0	113 13 39·3	291 46 52·3	29 0 31·4
342 Endymion	12·8	9·8	1900 Sept. 21·0	1900·0	282 53 43·6	222 38 16·9	232 54 20·8
343 Ostara. .	13·5	10·9	1901 Febr. 28·0	1900·0	84 38 7·2	7 11 1·1	38 37 0·3
344 Desiderata	11·7	8·5	1900 Sept. 21·0	1900·0	40 22 44·1	233 23 40·5	49 1 18·1
345 Tercidina.	11·2	8·8	1901 März 28·0	1900·0	101 18 45·5	227 38 16·1	212 29 25·7
346 Hermentaria . . .	11·5	8·0	1899 März 1·0	1900·0	156 0 38·3	287 6 20·3	92 24 14·7
347 Pariana .	12·0	8·8	1899 Juli 8·5	1900·0	114 13 11·1	83 20 9·8	85 57 52·6
348 May . .	12·9	9·1	1895 Mai 10·0	1900·0	143 13 20·2	4 55 49·6	90 37 54·3
349 Dembowska	9·8	6·0	1895 Mai 10·0	1900·0	229 5 49·2	340 37 27·8	33 3 23·2
350 Ornamenta	12·7	8·6	1901 Juni 28·0	1900·0	208 26 58·6	330 39 50·4	90 39 7·8
351 Yrsa . .	12·2	8·8	1892 Dec. 20·5	1900·0	330 42 48·8	28 8 55·8	99 40 8·4
352 Gisela. .	12·1	10·0	1901 Aug. 7·0	1900·0	300 15 35·5	142 16 22·1	247 10 41·4
353 Ruperta-Carola. .	14·2	10·9	1893 Febr. 22·5	1900·0	44 0 13·0	317 40 18·8	103 15 37·9
354 Eleonora.	10·0	6·5	1894 Mai 14·5	1900·0	81 5 20·5	4 47 2·1	140 42 25·8
355 Gabriella.	13·1	10·1	1893 Febr. 23·5	1900·0	37 15 11·6	94 32 57·3	352 11 27·9
356 Liguria .	11·9	8·5	1900 Aug. 12·0	1900·0	271 36 54·7	74 39 1·9	356 9 12·1
357 (1893 *I*) .	12·2	8·0	1893 Febr. 15·5	1900·0	138 27 1·7	231 51 54·9	138 15 44·7
358 Apollonia	12·5	8·8	1893 März 3·5	1893·0	86 52 43·5	248 18 54·5	172 54 2·8
359 (1893 *M*)	13	9·5	1893 März 17·5	1893·0	163 43 16	— — —	10 27 16
360 (1893 *N*)	11·9	8·0	1893 März 12·5	1900·0	92 54 10·8	284 2 41·3	133 42 48·4

No.	*i*	φ	μ	*log a*	Berechner	Jahr d. Entd.	Zahl der beob. Opp.
321	2° 37′ 35″·1	2° 39′ 26″·5	723″·7382	0·460283	Berberich	1891	4
322	7 58 53·4	14 9 38·4	763·9815	0·444616	Berberich	1891	3
323	19 20 54	15 57 36	1119·60	0·333960	Berberich	1891	1
324	11 18 26·0	19 46 43·8	808·2070	0·4283227	Berberich	1892	5
325	8 33 32·5	9 3 0·6	616·8237	0·5065637	Berberich	1892	3
326	23 47 18·7	10 48 17·5	1005·7638	0·365007	Bidschof	1892	6
327	7 9 8·5	3 41 7·4	765·613	0·443998	Berberich	1892	1
328	16 6 40·8	6 57 29·1	648·9169	0·491878	Berberich	1892	3
329	16 0 42·9	1 34 24·1	911·3780	0·3935387	Pannekoek	1892	6
330	19 58 36	— — —	1174·9	0·32000	Berberich	1892	1
331	6 4 55·2	5 46 18·6	674·4334	0·480712	Berberich	1892	3
332	2 52 32·4	5 11 8·7	768·6500	0·4428520	Berberich	1892	2
333	3 50 33·2	10 9 36·1	645·3615	0·4934691	Berberich	1892	2
334	4 38 4·5	0 50 24·0	459·742	0·591661	Berberich	1892	7
335	5 5 53·8	10 15 32·7	911·5556	0·3934823	Berberich	1892	4
336	5 38 39·4	5 27 10·8	1050·2797	0·3524677	Berberich	1892	4
337	7 51 51·7	7 57 52·0	964·4421	0·3771536	Coniel	1892	4
338	6 2 39·2	1 12 38·1	713·531	0·464396	Coniel	1892	3
339	9 53 33·9	5 57 21·0	680·3877	0·478167	Berberich	1892	2
340	4 42 21·0	6 37 28·1	780·3405	0·438481	Berberich	1892	3
341	5 40 11·8	11 8 58·9	1088·2433	0·3421871	Berberich	1892	1
342	7 20 30·9	7 26 1·0	862·1261	0·4096239	Berberich	1892	3
343	3 18 11·9	13 26 31·0	948·2008	0·382071	Berberich	1892	3
344	18 38 44·6	18 8 53·1	847·9673	0·4144183	Berberich	1892	3
345	9 44 18·0	3 32 33·7	1000·9327	0·3664012	Viaro	1892	7
346	8 45 21·8	5 47 46·6	758·5325	0·446688	Ehrenfeucht	1892	5
347	11 42 20·2	9 34 55·9	840·8521	0·416858	Boccardi	1892	4
348	9 45 31·2	3 49 55·7	693·5928	0·472601	P. V. Neugebauer	1892	3
349	8 16 38·5	5 9 33·0	709·497	0·466038	Ristenpart	1892	6
350	24 48 42·0	8 55 29·8	643·0431	0·4945110	Berberich	1892	3
351	9 13 3·4	8 45 46·5	771·582	0·441750	Berberich	1892	2
352	3 22 0·1	8 34 55·0	1091·5751	0·341302	Berberich	1893	3
353	5 34 38·0	19 15 26·7	787·080	0·435992	Berberich	1893	1
354	18 22 13·8	6 31 10·4	757·5785	0·4470526	Ciscato	1893	7
355	4 21 1·7	6 12 55·9	876·580	0·404810	Berberich	1893	1
356	8 16 0·3	13 57 5·4	775·7399	0·4401937	Berberich	1893	3
357	14 5 32·7	1 31 16·0	632·836	0·499142	Coniel	1893	1
358	3 31 52·7	8 26 24·1	725·563	0·459554	Coniel	1893	4
359	4 59 38	— — —	760·70	0·44586	Berberich	1893	1
360	11 38 10·1	9 43 35·9	681·803	0·477565	Coniel	1893	1

Nummer und Name	m_0	g	Epoche und Osculation	Mittl. Aeq.	M	ω	☊
361 Bononia .	13·3	8·0	1893 März 12·5	1900·0	53° 40′ 44″·9	75° 12′ 0″·9	19° 32′ 14″·5
362 Havnia .	11·1	8·0	1901 Febr. 28·0	1900·0	89 4 30·3	30 0 14·9	27 20 8·9
363 Padua .	11·6	8·2	1900 Octob 31·0	1900·0	46 22 15·8	293 16 2·4	65 0 57·4
364 Isara . .	11·7	9·5	1901 Sept. 16·0	1900·0	307 54 2·1	311 16 40·3	105 10 47·4
365 Corduba .	12·2	8·7	1900 Octob. 31·0	1900·0	0 28 36·9	209 42 37·8	185 46 27·3
366 Vincentina	12·3	8·2	1900 Aug. 12·5	1900·0	8 41 49·0	314 5 23·6	347 51 40·7
367 Amicitia .	12·5	10·3	1897 Aug 27·0	1900·0	198 37 34·8	53 14 54·2	83 1 45·5
368 (1893 *AB*)	13·5	9·5	1893 Juli 17·5	1900·0	317 18 49·4	85 7 25·1	229 58 56·3
369 Aëria . .	12·9	9·5	1901 April 9·0	1900·0	208 21 34·5	266 46 13·4	94 26 6·9
370 Modestia .	12·8	10·4	1893 Juli 14·5	1900·0	312 26 36·5	66 22 41·0	290 59 45·3
371 Bohemia .	11·8	8·4	1899 Dec. 15·0	1900·0	182 59 26·0	339 42 9·7	284 8 25·4
372 Palma . .	10·5	6·4	1901 Febr. 28·0	1900·0	54 1 11·3	113 38 18·2	328 19 32·1
373 Melusina .	12·8	8·7	1900 Octoc 31·0	1900·0	108 39 43·7	348 33 35·1	4 25 45·5
374 Burgundia	11·7	8·2	1901 Mai 19·0	1900·0	347 41 28·3	23 32 16·3	219 35 47·8
375 Ursula .	11·0	6·9	1901 Jan. 19·0	1900·0	155 15 7·8	344 31 30·4	337 19 6·0
376 Geometria	11·8	9·4	1902 Jan. 14·0	1900·0	235 50 26·1	314 4 32·0	302 10 52·5
377 Campania	11·5	8·2	1893 Octob. 7·5	1900·0	338 6 43·1	192 39 58·3	210 36 8·4
378 Holmia .	12·6	9·1	1900 April 14·0	1900·0	168 50 19·7	152 58 17·3	233 13 27·8
379 Huenna .	12·6	8·5	1901 April 9·0	1900·0	210 5 22·9	177 18 12·5	172 43 39·2
380 Fiducia .	12·6	9·3	1894 Jan. 11·0	1900·0	129 58 51·0	237 2 49·6	95 15 11·7
381 Myrrha .	12·4	8·1	1901 April 9·0	1900·0	314 38 29·9	144 52 9·3	125 19 25·5
382 Dodona .	12·1	8·1	1901 Juli 18·0	1900·0	52 45 38·5	268 1 56·3	315 41 0·3
383 (1894 *AU*)	13·3	9·2	1900 März 25·0	1900·0	103 4 8·0	314 15 4·4	93 25 26·2
384 Burdigala	11·7	8·5	1899 April 9·5	1900·0	119 46 59·6	30 33 4·5	48 13 27·0
385 Ilmatar .	10·3	6·7	1897 Dec. 25·0	1900·0	280 40 33·7	115 6 38·3	345 44 42·1
386 Siegena .	10·5	6·8	1901 Aug. 27·0	1900·0	314 56 50·4	217 4 2·2	167 0 59·3
387 Aquitania	9·8	6·4	1895 Juli 3·5	1900·0	353 6 10·2	153 33 24·0	128 37 56·0
388 Charybdis	11·7	7·8	1901 Aug. 7·0	1900·0	354 17 55·5	326 13 50·0	355 19 11·5
389 Industria .	11·1	8·0	1899 Juni 18·0	1900·0	63 27 27·4	262 50 47·8	282 37 51·2
390 Alma . .	13·5	10·0	1899 Mai 17·0	1900·0	88 15 19·6	188 31 26·0	305 25 32·1
391 Ingeborg .	13·4	11·0	1894 Nov. 6·0	1900·0	23 31 40·5	145 19 2·0	212 40 47·3
392 Wilhelmina	12·2	8·3	1894 Nov. 4·5	1900·0	42 10 20·6	134 52 8·1	212 8 0·9
393 Lampetia	11·0	7·6	1894 Nov. 4·5	1900·0	67 32 29·0	85 38 13·6	215 1 40·2
394 (1894 *BH*)	13·0	9·6	1894 Nov. 23·5	1900·0	55 25 12·3	265 37 56·0	68 13 29·4
395 (1894 *BK*)	13·0	9·5	1894 Dec. 3·5	1900·0	136 43 41·3	20 40 2·1	259 52 27·5
396 (1894 *BL*)	13·2	9·7	1894 Dec. 2·5	1900·0	156 42 32·8	18 38 52·5	251 17 22·6
397 Vienna .	12·6	9·4	1899 Jan. 9·0	1900·0	34 37 25·4	136 32 3·0	228 34 34·8
398 (1894 *BN*)	12·0	8·1	1895 Jan. 22·5	1895·0	187 25 12	— — —	284 14 19
399 Persephone	13·0	9·0	1895 März 1·5	1900·0	353 57 41·1	180 49 13·1	347 22 58·7
400 (1895 *BU*)	14·5	10·4	1895 März 18·5	1900·0	337 44 19·1	229 27 23·7	328 41 7·6

No.	*i*	φ	μ	*log a*	Berechner	Jahr d. Entd.	Zahl der beob. Opp.
361	12° 36′ 54″·9	11° 47′ 42″·4	449″·924	0·597911	Coniel	1893	2
362	8 4 20·0	2 38 24·1	857·0906	0·4113199	Berberich	1893	4
363	5 58 2·5	4 2 24·6	778·924	0·439008	Antoniazzi	1893	7
364	6 0 12·3	8 40 15·6	1072·5557	0·346391	Berberich	1893	4
365	12 43 27·0	8 20 45·5	755·7728	0·4477436	Berberich	1893	2
366	10 35 27·6	3 29 37·9	637·1196	0·497191	Boccardi	1893	4
367	2 56 49·2	5 24 23·5	1073·2216	0·346211	Berberich	1893	2
368	7 48 15·5	11 8 13·1	663·984	0·485231	Berberich	1893	1
369	12 43 49·3	5 37 44·4	824·5149	0·4225387	Berberich	1893	3
370	7 51 37·9	5 10 55·7	1001·5535	0·366222	Berberich	1893	2
371	7 23 6·7	3 28 34·2	787·7337	0·435752	Mader	1893	5
372	23 40 50·7	15 37 43·4	636·7006	0·4973809	Berberich	1893	4
373	15 27 36·4	8 24 4·4	645·0450	0·493611	Berberich	1893	2
374	8 57 58·5	4 30 52·0	765·3309	0·4441049	Berberich	1893	4
375	15 57 13·5	5 41 17·0	640·8169	0·4955151	Heuer	1893	5
376	5 25 29·2	9 50 37·9	1024·4381	0·359681	Berberich	1893	5
377	6 39 41·6	4 26 14·5	804·920	0·429503	Coniel	1893	6
378	6 58 38·7	7 30 14·0	767·2482	0·4433805	Berberich	1893	4
379	1 36 35·3	11 5 26·6	641·8494	0·4950490	Coniel	1894	6
380	6 10 17·6	6 33 30·2	809·7820	0·427760	P. V. Neugebauer	1894	3
381	12 34 57·3	7 7 21·7	619·7394	0·5051983	Berberich	1894	5
382	7 25 52·9	10 5 38·1	643·9085	0·494122	Berberich	1894	3
383	2 39 30·9	10 19 59·5	642·0203	0·4949719	Berberich	1894	1
384	5 38 54·5	8 22 34·3	820·6462	0·423900	Kromm	1894	4
385	13 41 17·8	7 27 39·3	740·2412	0·453756	Witt	1894	5
386	20 15 37·0	9 34 26·7	719·2832	0·462071	Berberich	1894	6
387	17 57 55·2	13 47 16·3	782·6076	0·4376414	Ogburn	1894	6
388	6 30 19·1	3 33 38·0	681·8161	0·477560	Berberich	1894	3
389	8 7 7·3	3 53 14·7	842·4772	0·416299	Peyra	1894	5
390	12 8 52·8	7 28 40·3	821·022	0·423768	Coniel	1894	2
391	23 3 3·0	17 57 30·4	1003·286	0·365721	Coniel	1894	2
392	16 11 33·5	11 12 8·1	683·267	0·476944	Berberich	1894	1
393	14 52 29·3	19 13 37·7	768·335	0·442971	Berberich	1894	1
394	6 15 38·1	13 11 32·3	771·095	0·441933	Coniel	1894	1
395	3 31 42·3	7 16 9·6	764·391	0·444461	Capon	1894	1
396	2 37 51·3	10 18 30·4	782·986	0·437501	Coniel	1894	1
397	12 43 58·2	14 23 37·9	829·8698	0·420664	Mader	1894	3
398	20 9 57	— — —	684·68	0·47634	Charlois	1894	1
399	13 8 20·1	3 51 5·6	664.6683	0·484935	Berberich	1895	1
400	10 36 51·4	5 15 50·9	641·871	0·495039	Berberich	1895	1

Nummer und Name	m_0	g	Epoche und Osculation	Mittl Aeq.	M	ω	Ω
401 Ottilia . .	12·6	8·2	1895 April 20·0	1900·0	324° 31′ 46″·8	181° 20′ 19·6	39° 7′ 57″·5
402 Chloe . .	10·7	7·7	1895 März 27·5	1895·0	28 44 8·7	12 26 1·5	129 29 53·1
403 Cyane .	12·0	8·5	1900 Juli 3·0	1900·0	127 14 7·2	248 33 33·2	245 42 28·6
404 Arsinoë	13·0	10·0	1900 Sept. 21·0	1900·0	131 15 43·9	117 40 9·2	92 49 16·2
405 Thia . .	11·0	8·0	1895 Juli 27·0	1895·0	73 36 35·0	305 12 42·1	255 55 27·9
406 (1895 *B*).	13·5	9·8	1895 Aug. 23·5	1900·0	350 1 59·3	33 31 31·4	317 15 49·5
407 Arachne .	11·9	8·7	1895 Nov. 10·5	1900·0	17 44 21·6	79 37 50·6	295 9 45·6
408 Fama . .	13·4	9·2	1895 Octob. 15·5	1900·0	354 28 32·9	100 36 57·2	299 29 5·2
409 Aspasia .	10·7	7·6	1899 Nov. 19·0	1900·0	183 45 6·5	351 8 30·1	242 35 48·1
410 (1896 *CH*)	11·9	8·3	1896 Jan. 8·5	1900·0	245 34 9·5	143 52 48·7	96 24 55·9
411 (1896 *CI*)	12·5	8·5	1896 Jan. 8·5	1900·0	158 42 57·5	194 5 56·8	108 7 51·8
412 Elisabetha	12·1	8·5	1901 Jan. 19·0	1900·0	308 17 42·7	88 34 52·2	106 43 40·0
413 Edburga .	12·2	9·2	1896 Jan. 10·5	1900·0	72 21 21·0	248 52 28·4	105 4 28·9
414 (1896 *CN*)	13·4	8·6	1898 April 24·0	1900·0	184 57 33·5	299 53 38·6	113 21 46·1
415 Palatia .	11·6	8·1	1900 Jan. 0·0	1900·0	351 8 15·5	293 38 51·0	128 12 26·4
416 Vaticana .	11·5	8·0	1900 Jan. 24·5	1900·0	262 34 31·7	195 38 14·1	58 32 36·8
417 Suevia .	12·7	9·2	1896 Mai 11·5	1900·0	30 48 55·3	344 23 18·1	200 1 24·1
418 Alemannia	12·6	9·5	1896 Sept. 3·5	1900·0	337 51 7·9	123 50 40·4	249 6 42·0
419 Aurelia .	11·1	8·0	1901 Dec. 5·0	1900·0	143 1 35·5	39 10 52·4	230 13 59·8
420 Bertholda	12·3	7·7	1901 Juni 28·0	1900·0	171 2 12·8	205 32 51·6	247 0 39·0
421 Zähringia.	14·2	11·2	1896 Sept. 3·5	1900·0	333 0 19·7	205 13 58·6	187 59 15·4
422 Berolina .	13·4	11·2	1896 Dec. 4·5	1900·0	43 3 30·9	333 4 9·3	8 52 34·1
423 Diotima .	11·2	7·2	1896 Dec. 8·5	1900·0	144 40 21·6	199 14 29·5	70 19 35·0
424 Gratia . .	12·8	9·3	1900 Nov. 20·0	1900·0	337 10 36·9	330 4 3·9	99 26 22·9
425 Cornelia .	13·1	9·4	1897 Jan. 20·5	1900·0	295 5 56·3	118 47 55·3	61 36 47·8
426 (1897 *DH*)	11·5	7·8	1897 Sept. 30·0	1900·0	172 10 55·2	221 45 54·7	311 58 22·1
427 (1897 *DI*)	13·1	9·3	1897 Sept. 2·5	1897·0	26 0 44·7	5 56 12·6	298 45 30·8
428 Monachia.	13·5	11·1	1900 Aug. 7·5	1900·0	300 39 10·6	13 51 27·9	17 21 32·2
429 (1897 *DL*)	11·5	9·4	1897 Nov. 24·5	1900·0	39 2 43·0	144 21 33·6	220 39 12·8
430 (1897 *DM*)	13·2	9·6	1898 Jan. 21·5	1898·0	15 12 12·0	174 56 47·0	249 49 46·5
431 (1897 *DN*)	12·6	8·5	1898 Jan. 18·5	1898·0	97 29 58·4	209 20 51·4	117 6 55·6
432 Pythia . .	11·3	8·7	1902 Jan. 14·0	1900·0	219 21 45·8	172 1 12·2	88 35 33·1
433 Eros . .	9·7	10·6	1900 Octob. 31.5	1900·0	304 24 44·7	177 39 6·2	303 30 45·6
434 Hungaria .	11·8	10·4	1901 Octob. 26·0	1900·0	103 11 32·3	122 39 44·7	174 38 15·2
435 Ella . .	12·1	9·3	1901 Mai 19·0	1900·0	250 33 56·4	330 53 45·9	28 5 58·1
436 Patricia .	12·4	8·2	1898 Sept. 20·5	1898·0	342 35 23·5	26 40 36·8	352 0 49·6
437 (1898 *DP*)	12·7	10·1	1901 April 9·0	1900·0	252 46 13·6	58 25 25·4	263 41 2·5
438 (1898 *DU*)	12·3	10·3	1898 Nov. 12·5	1900·0	294 43 28·7	80 9 25·2	49 39 23·3
439 Ohio . .	12·7	8·6	1900 Jan. 0·0	1900·0	30 57 55·5	231 8 34·8	202 27 52·9
440 Theodora.	13·1	10·9	1898 Octob. 18·5	1900·0	284 37 41·8	176 8 34·9	292 20 32·1

No.	*i*	φ	μ	*log a*	Berechner	Jahr d. Entd.	Zahl der beob. Opp.
401	6° 5′ 36″·0	2° 18′ 50″·3	584″·254	0·522270	Berberich	1895	2
402	11 50 10·2	6 24 49·0	868·759	0·407405	Coniel	1895	3
403	9 8 11·3	5 42 4·0	752·5126	0·448995	Berberich	1895	4
404	14 4 2·5	11 58 51·3	851·8097	0·413109	Berberich	1895	2
405	11 48 18·6	14 32 24·7	856·814	0·411412	Coniel	1895	5
406	4 12 31·9	10 31 6·1	714·568	0·463975	Capon	1895	1
407	7 32 25·8	3 55 13·1	834·430	0·419078	Berberich	1895	3
408	9 6 11·5	7 54 31·1	627·210	0·501729	Berberich	1895	1
409	11 12 46·1	3 53 20·9	858·5857	0·410815	Kromm	1895	3
410	9 32 56·1	12 30 4·9	746·590	0·451283	Berberich	1896	1
411	19 26 26·9	13 36 34·4	720·585	0·461548	Berberich	1896	1
412	13 46 38·4	2 21 20·1	772·4798	0·4414130	Berberich	1896	4
413	18 52 26·6	19 43 23·0	856·555	0·411501	Berberich	1896	1
414	9 38 25·1	5 29 23·8	540·7539	0·544671	Berberich	1896	1
415	8 5 41·7	17 36 27·4	762·3720	0·445227	Coddington	1896	3
416	12 55 48·4	12 34 55·2	761·1473	0·445692	Boccardi	1896	4
417	6 34 34·4	7 43 44·5	757·116	0·447229	Berberich	1896	1
418	6 48 16·6	6 57 51·8	847·266	0·414658	Berberich	1896	1
419	3 57 35·4	14 46 59·8	850·3821	0·413595	Berberich	1896	4
420	6 39 28·1	2 39 15·5	560·3324	0·5343739	Berberich	1896	3
421	7 51 37·5	16 53 29·6	876·838	0·404725	Berberich	1896	1
422	5 0 12·9	12 22 39·2	1066·4426	0·348046	Witt	1896	1
423	11 13 35·1	2 17 42·4	663·033	0·485647	Berberich	1896	2
424	8 12 20·8	6 20 33·9	767·6515	0·4432283	v. Neugebauer	1896	2
425	4 4 22·5	3 26 47·8	724·2913	0·460062	Pourteau	1896	2
426	19 37 39·4	5 53 54·4	722·4562	0·460797	Pourteau	1897	1
427	5 8 11·1	6 53 23·4	692·493	0·473061	Coniel	1897	1
428	6 13 28·4	10 15 44·4	1009·005	0·364076	Villiger	1897	1
429	9 48 20·1	8 24 13·0	846·714	0·414845	Coniel	1897	1
430	14 33 22·3	14 55 51·9	743·475	0·452494	Berberich	1897	1
431	1 49 1·4	9 43 27·5	642·4286	0·494788	Pokrowsky	1897	1
432	12 7 3·9	8 17 23·8	972·6761	0·374692	Berberich	1897	2
433	10 49 39·0	12 52 47·3	2015·2372	0·1637869	Millosevich	1898	4
434	22 29 59·5	4 14 44·0	1309·4115	0·2886203	Berberich	1898	2
435	1 50 18·2	8 57 53·9	925·9449	0·3889477	Berberich	1898	2
436	18 37 46·7	4 41 35·9	622·111	0·504093	Berberich	1898	1
437	7 23 38·8	14 15 14·9	964·3819	0·377172	Berberich	1898	1
438	6 25 43·8	9 22 43·2	792·554	0·433985	Coniel	1898	1
439	19 7 11·6	4 11 33·9	640·6167	0·495606	Coddington	1898	9
440	1 35 46·4	6 11 19·0	1079·355	0·344562	Coddington	1898	2

Nummer und Name	m_0	g	Epoche und Osculation	Mittl. Aeq.	M	ω	☊
441 (1898 *ED*)	—	—	1898 Dec. 9·5	1899·0	339° 42′ 50″·8	204° 5′ 44″·2	254° 10′ 36″·1
442 Eichsfeldia	12·1	9·6	1901 Dec. 5·0	1900·0	218 2 30·0	81 43 34·4	134 39 40·8
443 Photographica . .	12·5	10·2	1899 März 3·5	1900·0	355 48 33·5	345 34 16·4	175 3 36·4
444 Gyptis. .	11·2	7·7	1899 Mai 30·5	1899·0	229 22 50·7	151 48 57·8	196 12 20·8
445 Edna . .	13·1	8·9	1900 Jan. 0·0	1900·0	19 1 55·0	77 37 49·6	293 23 8·4
446 Aeternitas	11·6	8·1	1899 Octob. 30·0	1900·0	55 8 27·0	278 2 13·8	42 32 40·7
447 Valentine.	12·1	8·2	1901 Febr. 8·0	1900·0	86 59 26·6	318 57 42·9	72 20 34·2
448 Natalie .	13·7	9·3	1899 Nov. 29·5	1900·0	47 48 18·5	292 16 57·1	38 44 10·1
449 Hamburga	11·6	8·6	1901 März 20·0	1900·0	36 3 58·8	45 48 34·6	85 56 38·2
450 Brigitta .	12·2	8·3	1899 Nov. 9·5	1900·0	19 17 44·8	358 38 48·4	15 29 41·4
451 Patientia .	10·7	6·7	1900 Jan. 0·0	1900·0	9 31 9·7	334 51 14·9	89 55 34·5
452 (1899 *FD*)	16·7	13·1	1899 Dec. 31·0	1900·0	296 42 7·9	46 39 31·5	92 44 39·0
453 (1900 *FA*)	—	—	1900 März 22·5	1900·0	296 57 8·8	217 38 48·2	11 29 24·8
454 Mathesis .	11·6	8·5	1900 April 28·5	1900·0	353 6 49·7	174 20 14·5	32 33 28·4
455 Bruchsalia	11·6.	8·3	1900 Juni 16·5	1900·0	296 11 7·0	265 40 36·3	77 42 6·2
456 (1900 *FH*)	12·4	8·9	1900 Juni 30·5	1900·0	18 21 9·8	7 54 52·1	229 27 0·6
457 Alleghenia	15·5	11·4	1900 Octob. 28·5	1900·0	351 0 33·8	129 8 30·3	250 37 59·4
458 (1900 *FK*)	14·2	10·3	1900 Octob. 28·5	1900·0	337 54 29·8	272 45 25·4	135 55 33·5
459 (1894 *BD*)	13·3	11·3	1894 Nov. 1·5	1900·0	337 18 8·4	356 39 18·9	72 35 44·3

Bahnelemente der

	Epoche und mittl. Aequin.	L	M	ω
Mercur	1850 Januar 1·0	327° 7′ 47″·8	252° 0′ 33″·9	28° 34′ 5″·2
Venus	1850 Januar 1·0	245 30 17·5	116 3 3·0	54 7 22·2
Erde	1850 Januar 1·0	100 45 14·9	0 23 33·0	100 21 41·9
Mars	1850 Januar 1·0	83 39 33·4	110 21 39·7	284 54 0·6
Jupiter	1850 Januar 1·0	160 1 1·1	148 6 2·7	272 58 41·4
Saturn	1850 Januar 1·0	14 52 24·6	284 45 27·9	337 46 3·7
Uranus	1850 Januar 0·0	29 12 42·1	218 33 53·4	97 24 11·1
Neptun	1850 Januar 0·0	335 5 38·1	291 48 7·8	273 9 58·8

No.	*i*	φ	μ	*log a*	Berechner	Jahr d. Entd.	Zahl der beob. Opp.
441	8° 2′ 33″·9	5° 4′ 14″·4	751″·537	0·449370	Coniel	1898	1
442	6 3 52·0	4 2 51·9	987·8288	0·370217	Tharen	1899	4
443	4 13 16·2	2 16 39·4	1077·6050	0·345031	Tharen	1899	1
444	10 13 43·5	9 59 24·0	769·234	0·442632	Fabry	1899	2
445	21 23 32·6	11 57 45·5	624·2829	0·503084	Coddington	1899	2
446	10 39 5·1	7 2 27·0	761·399	0·445596	Pauly	1899	2
447	4 49 23·1	2 36 20·3	687·3499	0·475219	Kreutz	1899	2
448	12 41 49·2	9 54 2·5	636·068	0·497668	Berberich	1899	1
449	3 5 54·7	9 44 8·0	877·2944	0·404571	Möller	1899	2
450	10 23 5·0	5 21 56·4	677·749	0·479292	Paetsch	1899	1
451	15 14 8·6	4 29 58·9	662·7246	0·4857823	Roediger	1899	2
452	3 13 15·8	1 13 23·3	736·622	0·455174	Palmer	1899	1
453	5 34 12·7	6 21 32·3	1098·58	0·339450	Charlois	1900	2
454	6 19 15·0	6 18 51·5	833·1458	0·419523	E. Becker, Milham	1900	2
455	11 47 15·6	17 56 49·4	797·919	0·432032	Berberich	1900	1
456	14 21 42·4	10 18 21·1	763·100	0·444950	Berberich	1900	2
457	12 52 30·6	10 20 2·3	651·8517	0·490572	Paetsch	1900	1
458	12 36 38·0	14 11 27·8	684·198	0·476550	Riem	1900	1
459	3 27 48·4	8 33 50·4	1104·735	0·337832	Berberich	1894	1

grossen Planeten.

	☊	*i*	φ	μ	*log a*	Autorität
Mercur . .	46° 33′ 8″·7	7° 0′ 7″·7	11° 51′ 53″·7	14732″·41967	9·5878214	Leverrier
Venus . . .	75 19 52·3	3 23 34·8	0 23 31·5	5767·66982	9·8593366	Leverrier
Erde . . .	0 0 0·0	0 0 0·0	0 57 39·4	3548·19286	0·0000006	Leverrier
Mars . . .	48 23 53·1	1 51 2·3	5 21 4·5	1886·51831	0·1828932	Leverrier
Jupiter . .	98 56 17·0	1 18 41·4	2 45 56·5	299·12836	0·7162168	Leverrier
Saturn . .	112 20 53·0	2 29 39·8	3 12 51·7	120·45465	0·9802194	Leverrier
Uranus . .	73 14 37·6	0 46 20·9	2 39 25·7	42·23079	1·2837100	Newcomb
Neptun . .	130 7 31·8	1 47 1·7	0 29 12·5	21·53302	1·4787334	Newcomb

Namen-Register.

Namen-Register.

(Die römischen Ziffern geben die Bände, die arabischen die Seiten an.)

A

B

D

E

J

K

M

N

O

P

Q

R

S

T

X

Y

Z

Sach-Register.

Sach-Register.

(Die römischen Ziffern geben die Bände, die arabischen die Seiten an.)

A

D

G

H

J

M

N

O

P

Q

R

S

U

Berichtigungen.

a) Zum ersten Band.

pag. 1, Zeile 20 v. u. ist (s. d.) zu streichen.
„ 23, „ 11 v. u. statt $EE_1E'E_1$ lies $EE_1E'E_1'$.
„ 23, „ 10 v. u. nach »der Erde« fehlt ein Komma.
„ 32, „ 6 v. u. statt 1^1 lies $1\frac{1}{2}$.
„ 94, „ 17 v. o. statt Entdeckung lies Erfindung.
„ 95, „ 22 v. o. ist (s. diese) zu streichen.
„ 147, „ 7 v. o. statt Inrervallen lies Intervallen.
„ 163, „ 7 v. o. statt SEELGER lies SEELIGER.
„ 303, „ 23 v. u. statt Deguerreotyp lies Daguerreotyp.
„ 357, „ 10 v. u. Der neue Stern wurde bereits mehrere Tage vorher von E. HARTWIG entdeckt.
„ 358, „ 28 v. u. statt SPIESSEN lies HARTWIG.
„ 665, „ 8 v. o. statt $y \sin \varepsilon$ lies $-y \sin \varepsilon$.
„ 780, „ 19 v. u. statt 1·391 lies 1^h·391.
„ 786, „ 5. 6 v. u. statt r lies $r \sin 1''$.

b) Zum zweiten Band.

pag. 85, Zeile 2 v. o. statt 71·9 lies 71·8.
„ 85, „ 6 v. o. statt 36·8 lies 36·9.
„ 89, „ 9 v. u. statt MARCH lies MARSH.
„ 139, Fig. 263 sind p und q zu vertauschen.
„ 152, Zeile 11 v. o. statt 41·7 lies 41·9.
„ 277, „ 17 v. o. statt $\frac{\rho}{\Delta} \cos z \sec p'$ lies $\frac{\rho}{\Delta'} \cos z \sec p'$.
„ 282, „ 19 v. u. statt Fig. 270 lies Fig. 271.
„ 284, „ 17 v. u. statt m lies m_1.
„ 287, „ 24 v. u. statt r_1'''' lies r_1'''.
„ 292, „ 3 v. o. statt $f'(r_1')\frac{z_1}{r_1}$ lies $f(r_1)\frac{z_1}{r_1}$.
„ 294, „ 11 v. u. statt $\frac{\partial \Omega}{d r}$ lies $\frac{\partial \Omega}{\partial r}$.
„ 295, „ 16 v. u. statt $\frac{Z}{n}$ lies $\frac{Z}{u}$.
„ 307, „ 15. 17 v. o. statt $1 + e \cos M$ lies $1 - e \cos M$.
„ 309, „ 2 v. u. statt $\binom{2m}{2} e^{(m-2)iQ}$ lies $\binom{2m}{2} \alpha^2 \beta^{2(m-1)} e^{(m-2)iQ}$.
„ 311, „ 15 v. o. fehlt die eckige Schlussklammer.
„ 313, „ 6 v. o. statt $3 - 4\varepsilon$ lies $-3 + 4\varepsilon$.
„ 317, „ 7 v. u. statt $-\beta_1 \frac{\partial y_0'}{\partial b}$ lies $+\beta_1 \frac{\partial y_0'}{\partial b}$.
„ 318, „ 6 v. o. statt y lies y_0.

pag. 320, Zeile 14 v. o. statt $\frac{\partial x}{r}$ lies $\frac{\partial x}{\partial r}$.
„ 322, „ 13. 14 v. o. fehlt (8) als Bezeichnung der Gleichungen.
„ 322, „ 16 v. o. fehlt hinter $Q + e\,Y(\rho)$ die Schlussklammer.
„ 342, „ 10—12 v. u. fehlt (5) als Bezeichnung der Gleichungen.
„ 342, „ 8 v. u. fehlt (6) als Bezeichnung der Gleichungen.
„ 343, „ 17 v. u. statt $v = 206^\circ\,22'\,30''\cdot42$ lies $206^\circ\,28'\,30''\cdot42$.
„ 350, „ 14 v. u. statt $\sin E$ lies $e \sin E$.
„ 351, „ 12 v. o. statt Φ' lies Φ_1.
„ 356, „ 20 v. o. statt Pm lies $P_1 m$.
„ 356, „ 8 v. u. statt $\sec\varphi^2$ lies $\sec^2\varphi$.
„ 362, „ 18. 19 v. o. statt X lies Ξ.
„ 362, „ 20 v. u. statt $+ r \sin(v + \omega) \ldots$ lies $- r \sin(v + \omega) \ldots$
„ 367, „ 16 v. o. statt $E_2' \cos 2(L - \pi)$ lies $2 E_2' \cos 2(L - \pi)$.
„ 368, „ 16 v. u. statt $\mathfrak{r}, \mathfrak{r}$ lies $\mathfrak{r}, \mathfrak{r}_1$.
„ 372, „ 1 v. o. statt $\frac{\partial^2}{\partial a^2}\left(\frac{1}{\rho^n}\right)_0 (a\sigma)^2$ lies $\frac{1}{2}\frac{\partial^2}{\partial a^2}\left(\frac{1}{\rho^n}\right)_0 (a\sigma)^2$.
„ 372, „ 9 v. o. im letzten Glied fehlt der Coefficient $\frac{1}{2}$.
„ 375, „ 16 v. u. statt α^3 lies α^8.
„ 376, „ 11 v. o. diese Zeile muss heissen:

$$P_s^{(\varkappa-1)} = \frac{1}{2s-1}\left\{(2\varkappa + 2s - 3)\frac{1+\alpha^2}{(1-\alpha^2)^2} P_{s-1}^{(\varkappa-1)} - (2\varkappa - 2s + 1)\frac{2\alpha}{(1-\alpha^2)^2} P_{s-1}^{(\varkappa)}\right\}.$$

„ 380, Zeile 11 v. o. statt $\alpha'\sigma'(v - v')\sum_\varkappa \frac{\partial B_0^{(\varkappa)}}{\partial a'}$ lies $\alpha'\sigma'(v - v')\sum_\varkappa \varkappa \frac{\partial B_0^{(\varkappa)}}{\partial a'}$.
„ 382, „ 12 v. u. statt $i\beta$ lies $\iota\beta$.
„ 382, „ 1 v. u. statt $\sin \frac{1}{2} I^2$ lies $\sin^2 \frac{1}{2} I$.
„ 383, „ 4 v. o. statt Σ^1 lies $\Sigma\frac{1}{2}$.
„ 383, „ 6 v. o. statt $\sin(v + \pi_0')$ lies $\sin(v' + \pi_0')$.
„ 383, „ 8 v. o. statt $2 \sin^2 \frac{1}{2} J$ lies $2 \sin^2 \frac{1}{2} I$.
„ 384, „ 17 v. o. statt $\frac{d\Omega}{d\omega}$ lies $\frac{\partial\Omega}{\partial\omega}$.
„ 389, „ 2. 3 v. o. fehlt auf der rechten Seite der Gleichung der Coefficient 2.
„ 389, „ 8 v. u. statt $\frac{\partial B_0^{(1)}}{a}$ lies $\frac{\partial B_0^{(1)}}{\partial a}$.
„ 389, „ 8 v. u. statt $\frac{dP_0^{(1)}}{da}$ lies $\frac{dP_0^{(1)}}{d\alpha}$.
„ 391, „ 10 v. u. statt $(21)'\Xi$ lies $(21)\Xi'$.
„ 393, „ 19 v. o. nach F_2 fehlt die erste Schlussklammer.
„ 410, „ 12 v. o. fehlt die Schlussklammer $\}$
„ 418, „ 11 v. u. statt $\frac{d^2x}{dt}, \frac{d^2y}{dt}, \frac{d^2z}{dt}$ lies $\frac{d^2x}{dt^2}, \frac{d^2y}{dt^2}, \frac{d^2z}{dt^2}$.
„ 424, „ 9. 10—20. 24. 27 v. o. sind mehrfach für e ungleiche Typen.
„ 426, „ 8 v. u. statt $\cos E'^2$ lies $\cos^2 E'$.
„ 431, „ 4 v. o. statt 22(3) lies 23(3).
„ 437, „ 6 v. u. statt $\frac{ds}{dL}\frac{\partial\Omega}{\partial L}$ lies $\frac{1}{u^2}\frac{ds}{dL}\frac{\partial\Omega}{\partial L}$.
„ 445, „ 4. 6 v. o. statt δr_0 lies δr.
„ 446, „ 12 v. o. statt (4) lies (4a).
„ 458, „ 21 v. u. statt F lies N.
„ 459, „ 6 v. o. statt Beobachtungeu lies Beobachtungen.
„ 460, „ 17 v. o. statt $\sin\delta^2$ lies $\sin^2\delta$.
„ 461, Fig. 273 statt Ω lies ☊.
„ 462, Zeile 18 v. o. statt α — ☊) lies (α — ☊).

pag. 462, Zeile 24 v. o. statt $D\Omega$ lies $D'\Omega$.
„ 465, „ 2 v. u. statt $\frac{\partial\Omega}{da}$ lies $\frac{\partial\Omega}{\partial a}$.
„ 466, „ 1 v. u. statt $\frac{d\mu'}{dt}$ lies $\frac{d\mu_1}{dt}$.
„ 467, „ 12 v. u. statt (3) lies (8).
„ 474, „ 2 v. o. statt $\partial B_{34}^{(2)}$ und $B_{34}^{(2)}$ lies $\partial \overline{B}_{34}^{(2)}$ und $\overline{B}_{34}^{(2)}$.
„ 483, „ 16 v. u. statt μ lies μ_1.
„ 485, „ 14 v. o. statt $\int_0$ lies $\int_0^v$.
„ 490, „ 9 v. u. fehlt die Anfangsklammer (
„ 491, „ 7 v. u. statt $2A(c_0 - cv)^{\frac{2A+B}{2A}}$ lies $\{2A(c_0 - c_v)\}^{\frac{2A+B}{2A}}$.
„ 542, „ 12 v. u. fehlt (5) als Bezeichnung der Gleichung.
„ 548, „ 3 v. o. fehlt (2) als Bezeichnung der Gleichung.
„ 550, „ 3. 5 v. u. statt a lies $\mathfrak{a}$.
„ 567, „ 22 v. u. statt $\beta_1 r$ und $\alpha_1 r$ lies $\beta_1 p$ und $\alpha_1 p$.
„ 567, „ 15 v. u. statt XY lies $X'Y'$.
„ 581, „ 8 v. o. statt $sin\,\varepsilon\,sin\,(\psi'-\psi)\frac{\partial V}{\partial\varepsilon'}$ lies $-sin\,\varepsilon\,sin(\psi'-\psi)\frac{\partial V}{\partial\varepsilon'}$.
„ 581, „ 2. 3 v. u. statt E', Ψ' lies E_0', Ψ_0'.
„ 582, „ 5 v. o. statt $sin\,\varepsilon'\,sin\,(\psi'-\psi)\,sin\,\varepsilon'$ lies $sin\,\varepsilon\,sin\,(\psi'-\psi)\,sin\,\varepsilon'$.
„ 582, „ 7 v. o. statt $cos\,\varepsilon'\,sin\,(\psi'-\psi)\,sin\,\varepsilon'$ lies $cos\,\varepsilon\,sin\,(\psi'-\psi)\,sin\,\varepsilon'$.
„ 583, „ 13 v. u. ist γ_3 im Nenner zu streichen.
„ 602, Fig. 279 für R ist einmal zu setzen R'.
„ 618, Zeile 7 v. u. statt $M(n)$ lies $M_1(n)$.
„ 623, „ 12 v. u. statt $P'_{2k\;1}$ lies P'_{2k-1}.
„ 625, „ 8 v. o. statt 491 lies 191.
„ 627, „ 1 v. o. statt (x) lies $f(x)$.

c) Zum dritten Band, erste Abtheilung.

pag. 26, Zeile 6 v. o. statt $cos\,(\delta_0 + h')$ lies $cos\,(\delta_0 \pm h')$.
„ 33, „ 8 v. o. statt das lies dass.
„ 43, „ 21 v. o. statt $\frac{\Sigma}{\partial v_2}$ lies $\frac{\partial\Sigma}{\partial v_2}$.
„ 52, „ 17 v. o. fehlt (19) als Bezeichnung der Gleichung.
„ 53, „ 2 v. o. das 2. und 3. Zeichen — soll sein +.
„ 55, „ in der ersten Spalte, letzte Zeile des Beispiels statt 9·4788 lies 9·4780.
„ 58, „ 2 v. u. fehlt (1) als Bezeichnung der Gleichung.
„ 89, „ 6 v. o. statt 7·8879 lies 7·7879.
„ 102, „ 12 v. u. statt 56 815 lies 56·615, dadurch wird $\tau\,cos\,\delta$ 417·76, $\delta' - \delta$ 699″·83, Mittel 612″·18, δ [illegible] (p. 103 letzte Zeile) 10° 28′ 28″·3.
„ 128, „ 10 v. o. und die Ueberschrift statt Tafel I lies Tafel II.
„ 135, „ 15 v. u. und die Ueberschrift statt Tafel II lies Tafel III.
„ 153, „ 4 v. u. statt SPP' lies sPs'.
„ 168, „ 1 v. o. statt $cos\,\lambda' - \lambda$ lies $cos(\lambda' - \lambda)$.
„ 330, „ 5 v. o. statt dp' lies dp.
„ 330, „ 6 v. o. statt $d + D'$ lies $\delta + D'$.
„ 344, „ 3 v. o. statt $\Delta\beta$ lies $\Delta\delta$.
„ 346, „ 13 v. u. statt $-\pi_2 R\,sec\,\delta_2\,cos\,(\odot + V)$ lies $-\pi_2 R\,sec\,\delta_2\,v\,cos(\odot + V)$.
„ 349, „ 3 v. u. statt $-h\,sin\,(H + \alpha)$ lies $+h\,sin(H + \alpha)$.
„ 359, „ 12 v. u. statt $cos\,z_0$ lies $i\,cos\,z_0$.
„ 360, „ 3 v. u. statt grographische lies geographische.

pag. 475, Zeile 18 v. u. Nach Mittheilung des Herrn Prof. MARCUSE rühren die Angaben zur Construction des photographischen Zenithteleskops von ihm allein her.

„ 476, „ 16 ff. v. o. Die Beurtheilung der photographischen Methode gründet sich, wie im Text angegeben, auf die Versuche der Internationalen Erdmessung; seit Abfassung des Artikels sind aber die Versuche mit erheblich günstigerem Erfolg, wie aus den späteren Berichten hervorgeht, fortgesetzt.

„ 490, „ 3 v. o. nach $(\varphi - \delta_2)$ im linken Theil der Gleichung fehlt].

d) Zum dritten Band, zweite Abtheilung.

pag. 3, Zeile 17 v. u. statt t^2 lies t_1^2.
„ 5, „ 8 v. o. statt $\gamma_2 t_1^3$ lies $\gamma_3 t_1^3$.
„ 5, „ 21 v. u. statt Π_0 lies Π_0'.
„ 8, „ 1 v. o. statt $\Upsilon_1 A \Upsilon$ lies $\Upsilon_1 AK$.
„ 12, „ 9 v. o. statt λ_0' lies β_0.
„ 14, „ 3 v. u. statt $Z_2 z_0$ lies $Z_3 z_0$.
„ 15, „ 13 v. u. statt δ_0' lies δ_1'.
„ 31, „ 5 v. u. statt $sin^2 \varepsilon$ lies $sin\, 2\varepsilon$.
„ 59, „ 21 v. u. statt 725 lies 723.
„ 74, „ 19 v. u. hinter Loomis fehlt ein Komma.
„ 102, „ 11 v. o. statt $\delta + v$ lies $\delta + V$.
„ 102, „ 7 v. u. das Mittel der ξ giebt statt 1·236 1·416, damit wird Zeile 3 v. u. $A = 237°·3$, $D = + 2°·7$, $q = 2·63$.
„ 109, „ 19 v. o. statt Sernconstellation lies Sternconstellation.
„ 115, „ 11 v. u. ist 1) zu streichen.
„ 122, „ 16 v. o. ist 2) „ „ .
„ 124, „ 15 v. o. ist 3) „ „ .
„ 125, „ 5 v. u. ist 4) „ „ .
„ 132, „ 17 v. u. ist 5) „ „ .
„ 221, Es fehlt die Ueberschrift »Nebelflecke und Sternhaufen«.
„ 493, Spalte 1 statt Second Radcliffe Catalogue lies Radcliffe.
„ 493, „ 4 statt S_9 lies H und S_9.
„ 551, Zeile 2 v. o. statt V_0 lies v_0.
„ 552, „ 16 v. o. statt $\frac{\mu_0}{\mu r}$ nach dem Integralzeichen lies $\frac{\mu_0 a}{\mu r}$.
„ 563, „ 9 v. o. z gehört über die Gradzahlen.
„ 565, „ 7 v. o. die Formel lautet $\omega\left[1 - \frac{\mu_0^2}{\mu^2}(1 - s)^2\right] = \varepsilon$.
„ 565, „ 10 v. o. im Wurzelausdruck statt w lies ω.
„ 571, „ 4 v. o. statt 24′54″·6 und 22′19″·6 lies 24′24″·6 und 24′19″·6.
„ 571, „ 4 v. u. unter dem zweiten Integralzeichen fehlt eine Klammer (
„ 572, „ 6 v. o. fehlt vor $\frac{3}{2}$ die Klammer (
„ 572, „ 11 v. u. statt $cot^2 z$ lies $cot\, z$.
„ 573, „ 7 v. u. statt R_2 lies R_1.
„ 578, „ 17 v. o. statt $\pm \lambda''$ lies $\pm 1''$.
„ 579, ist von oben bis Zeile 16 zu schreiben: »im Orte A_2 die Temperatur T_2, so bestehen folgende Gleichungen, wenn kein Druckgefälle existiert,

$$\rho_1 = \rho_{01} e^{-\frac{h_1}{RT_1}} \text{ und } \rho_2 = \rho_{02} e^{-\frac{h_2}{RT_2}},$$

wo man statt der Dichte ρ_0 nun die Drucke p_0 an der Oberfläche einführen kann, und so wird

$$\rho_1 = \frac{p_0}{RT} e^{-\frac{h_1}{RT_1}} \text{ und } \rho_2 = \frac{p_0}{RT_2} e^{-\frac{h_2}{RT_2}}.$$

In den Höhen h_1 und h_2 soll nun dieselbe Dichte herrschen, so wird

$$\frac{T_2}{T_1} = e^{\frac{h_1}{RT_1} - \frac{h_2}{RT_2}}$$

oder

$$log\left(1 - \frac{T_1 - T_2}{T_1}\right) = \frac{h_1}{RT_1} - \frac{h_2}{RT_2}.$$

Ist nun T_1 von T_2 wenig verschieden, so kann man hierfür

$$T_1 - T_2 = \frac{h_1 - h_2}{R}$$

setzen. Die Neigung der Niveaufläche ist, wie früher durch den Ausdruck

$$\lambda'' = \frac{h_1 - h_2}{sin\,1''\cdot D} = \frac{R}{sin\,1''}\,\frac{T_1 - T_2}{D} = 6044\,\frac{T_1 - T_2}{D} \text{ (} D \text{ in Kilometern)}$$

gegeben. In Gebirgsgegenden oder an Küstenstationen wird man unbedenklich $T_1 - T_2 = \frac{1}{2}{}^\circ C$ auf eine Distanz von einer geographischen Meile annehmen können, Temperaturdifferenzen, die also von beständigem systematischen Charakter sind und durch die λ den Betrag von 6' erreichen würde. Hierdurch würden die Correctionen ″. . . . . u. s. w.

pag. 584, Zeile 26 v. o. statt für $i - z = -10^\circ$ lies -15°.
„ 584, „ 14 v. u. statt für $i - z = 0^\circ$ lies $+1$.
„ 589, „ 13 v. u. statt λ^{2-} lies λ^{-2}.
„ 593, „ 21 v. o. statt 7·40066 lies 7·40166.
„ 600, „ 21 v. u. statt Temperatuten lies Temperaturen.
„ 601, „ 19 v. u. statt ben lies den.
„ 605, „ 2 v. u. statt $\varphi\,(270 + z)$ lies $\varphi\,(180 + z)$.

e) Zum vierten Band.

pag. 7, Zeile 20 v. o. statt v₀ lies v_0.
„ 7, „ 6 v. u. statt v lies v.
„ 7, Figur statt (*A.* 44 lies (*A.* 446).
„ 8, Zeile 3 v. o. statt $\frac{}{2}$ lies $\frac{\alpha}{2}$.
„ 12, „ 16 v. u. statt l lies l_t.
„ 12, „ 16 v. u. statt $(1 + at)$ lies $(1 + \alpha t)$.
„ 24, „ 10 v. o. statt α lies a.
„ 49, „ 4 v. u. statt *sine seci cosecz* lies *sinc seci cosecz*.
„ 60, „ 6 v. o. statt Capricornis lies Capricorni.
„ 97, „ 14 v. u. statt bezeicnet lies bezeichnet.
„ 97, „ 11 v. u. statt apo lies apo-.
„ 146, „ 18 v. u. statt st lies ist.
„ 147, „ 20 v. u. statt 0·997 lies 0·979.
„ 149, „ 3 v. u. statt $\frac{\tau^2}{2\,arc\,1''}$ lies $\frac{\tau^2\,arc\,1''}{2}$.
„ 152, „ 13 v. u. statt (11) lies (12).
„ 158, „ 25 v. o. statt gegeben lies gegebenen.
„ 162, „ 20 v. o. nach »Gleichung« fehlt »(27)«.
„ 162, „ 12 v. u. statt (21) lies (21 a).
„ 163, „ 2 v. o. statt (23) lies (22).
„ 173, „ 21 v. o. rechts statt 9·90734 lies $9{\cdot}90734_n$.
„ 173, „ 25 v. o. statt 7·37109 lies $7{\cdot}37109_n$.
„ 176, „ 24—27 v. u. statt q, h, δ lies q', h', δ'.



Breslau, Eduard Trewendts Buchdruckerei Nf. (A. Favorke).


QB14
V3
V.4
110176

